



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Industrial

Unidad de Posgrado

**Influencia de la concentración en la solución ácida de
activación y del tiempo de calcinación en la propiedad
textural de adsorción de carbón activado preparado
con cáscara de coco**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial

AUTOR

Iván Eduardo SUÁREZ ESCOBAR

ASESOR

Alberto GARRIDO SCHAEFFER

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Suárez, I. (2019). *Influencia de la concentración en la solución ácida de activación y del tiempo de calcinación en la propiedad textural de adsorción de carbón activado preparado con cáscara de coco*. Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Industrial. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

INFORMACION

CÓDIGO ORCID DEL AUTOR:

NO APLICA

CÓDIGO ORCID DEL ASESOR:

<https://orcid.org/0000-0002-3304-4566>

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

NO APLICA

**INSTITUCIÓN FINANCIADA
PARCIAL O TOTAL:**

Financiamiento de tesis – Universidad
Politecnica Salesiana - Ecuador

**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA
INVESTIGACIÓN**

Laboratorio de termofluidos de la
Universidad Politecnica Salesiana
Guayaquil - Ecuador

**AÑO O RANGO DE AÑOS DE LA
INVESTIGACIÓN**

2 años

DNI 0909748287



**UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 17-UPG-FII-2019


**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE DOCTOR EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

En la ciudad de Lima, del día veinticuatro del mes de octubre del dos mil diecinueve, siendo las once horas, en acto público se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN EN LA SOLUCIÓN ÁCIDA DE ACTIVACIÓN Y DEL TIEMPO DE CALCINACIÓN EN LA PROPIEDAD TEXTURAL DE ADSORCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PREPARADO CON CÁSCARA DE COCO"**, para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido..... APROBADO..... con la calificación de CATORCE (14) APROBADO

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial, al **Mg. SUAREZ ESCOBAR, IVÁN EDUARDO**.


En señal de conformidad, siendo las 12:30 horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.


Dr. INCHE MITMA, JORGE LUIS
Presidente


Dr. SANTOS DE LA CRUZ, EULOGIO QUILLERMO
Miembro


Dr. CHUNG PINZÁS, ALFONSO RAMÓN
Miembro


Dr. ÁLVAREZ MERINO, JOSÉ CARLOS
Miembro


Dr. GARRIDO SCHAEFFER, ALBERTO
Asesor

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por haberme dado salud para poder culminar mis estudios Doctorales a la Universidad Politécnica Salesiana quienes me ayudaron para desarrollar mis estudios doctorales y a la facultad de ingeniería Industrial, a la Unidad de Postgrados Doctorado en Ingeniería Industrial, a los distinguidos docentes que con sus importantes conocimientos transmitidos han hecho de mí una persona muy útil para la sociedad, brindándome las herramientas necesarias para colaborar con mi trabajo al avance tecnológico, investigativo y productivo.

DEDICATORIA

Al culminar esta etapa, ofrezco todo mi trabajo desarrollado a Dios, por ayudarme en cada paso que doy en la vida, mi Esposa Cristina, hijos (Carmen y Elvis), a mi hermana Hilda que con su soporte constante e incondicional no hubiera podido lograr mi objetivo.

A quienes que me inculcaron el deber y la responsabilidad que se debe tener como esposo, padre, hijo, alumno y como profesional para ustedes todo mi agradecimiento.

RESUMEN

En esta investigación presenta la facilidad de preparar y caracterizar carbón activado, mediante activación química con H_3PO_4 , a partir de un material lignocelulósico (cáscara de coco) su estudio en la influencia de la concentración en la solución ácida de activación y del tiempo de calcinación en la propiedad textural de adsorción de carbón activado preparado con cascara de coco de dos procedencias, una peruana y la otra ecuatoriana.

La activación se la realiza mediante impregnación con H_3PO_4 al 50% a una temperatura de 773 °K durante una hora.

La caracterización química de los carbonos preparados se realiza mediante el análisis terminado según la norma ASTM para determinar las propiedades generales del carbón.

Los resultados muestran un área superficial específica moderadamente alta para los carbones preparados a partir del cuesco de coco, reportándose 657 m^2/g para la especie peruana y 794 m^2/g para la especie de coco ecuatoriana. La isoterma de adsorción con N_2 a 77°C corresponde a una isoterma del tipo I, esta representación a un sólido micro poroso según la clasificación BDDT se basa en la distribución de Brunauer, Deming, Deming y Teller (**BDDT**).

Las propiedades del carbón resultante están estrechamente influenciadas por el nivel de activación, por la naturaleza del factor activante, por el tiempo y temperatura de activación. La siguiente fase se basa en presentar a la composición producida a un proceso pirolítico, en el cual se produce conjuntamente la carbonización y la activación del compuesto.

Palabras claves: caracterizar, activación química, concentración, solución acida, carbón activado

Summary

this investigation presents the easy way to prepared and characterize activated Carbon, through chemical actuation with H_3PO_4 , from a lignocellulosic material (coconut shell) its study in the influence of the concentration in the activation acid solution and the calcination time in the textural property of absorption of activated carbon prepared with coconut shell from two sources, one is Peruvian and the other one is Ecuadorian.

The activation is realized through impregnation with 50% H_3PO_4 at a temperature of 773 ° K for one hour, la characterization

The chemistry characterization of the prepared carbon its realize through the finish analysis according to the rule ASTM to determine the general properties of the carbon

The results show a moderately high specific surface area for the carbon prepared from the coconut shell, with 657 m^2 / g for the Peruvian species and 794 m^2 / g for the Ecuadorian coconut species.

The adsorption isotherm with N_2 at 77 ° C corresponds to an isotherm of type I, this representation to a micro porous solid according to the BDDT classification based on the classification of Brunauer, Deming, Deming and Teller (BDDT).

The characteristics of the resulting carbon are powerfully influenced by the degree of activation, by the nature of the activating agent, by the time and temperature of activation. The next phase is based on subjecting the resulting mixture to a pyrolytic process, in which carbonization and activation of the material takes place.

Key word: characterize, activation chemical, concentration, solution acid, activated carbon

INDICE

INDICE DE GRAFICAS	IV
INDICE DE TABLAS	V
INDICE DE FIGURAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problema específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1 Justificación teórica	4
1.3.2 Justificación práctica	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco filosófico y epistemológico	6
2.1.1 Correlación de saberes filosóficos y científicos	6
2.1.2 Metodología	7
2.1.3 Procesos científicos	8
2.1.4 Breve historial del CA	9
2.2 CA A PARTIR DEL CUESCO DE COCO	10
2.2.1 Estructura y propiedades del CA	10
2.2.2 Características del Carbón Activado	12
2.2.3 Estructura del poro	12
2.3 TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO	13
2.3.1 CA en polvo o PAC	13
2.3.2 CA granular o GAC	13
2.3.3 Usos del CA	14
2.4 CASCARA DE COCO COMO MATERIA PRIMA	16
2.4.1 Cáscara de Palma	16
2.4.2 Clasificación botánica del coco	17
2.4.3 La producción de coco en el Ecuador	18
2.5 PREPARACIÓN DE CARBONES ACTIVADOS	18
HIPÓTESIS Y VARIABLES	18
2.6. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	19
2.6.1 Hipótesis General	19
2.6.2 Hipótesis específicas	19
2.6.3 Identificación de variables	19
2.6.3.1 Variables de la Hipótesis general	19
2.6.3.2 Variables de las Hipótesis específicas	19
2.6.3.3 Hipótesis específica 1:	19

2.6.3.4 Hipótesis específica 2:	19
2.6.3.5 Hipótesis específica 3:	20
3. METODOLOGIA	25
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	25
3.1.1 Unidad de análisis	26
3.1.2 Población de estudio	26
3.2.1. Tamaño de muestra	26
3.2.2. Técnicas de recolección de datos	26
3.1.3 Selección de muestra	27
3.1.4 Métodos científicos utilizados en la investigación	27
3.1.4.1 El procedimiento experimental aplicado en el desarrollo de la investigación se basó en 4 etapas:	28
TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.2 Métodos de activación del carbón	33
3.2.1 Activación física	33
3.2.2 Activación química	33
3.3.3 Caracterización textural	34
3.3.4 Caracterización química	34
3.3 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (FTIR)	34
3.4 ADSORCIÓN	35
3.5 ISOTERMAS DE ADSORCIÓN	36
3.6 ISOTERMA DE FREUNDLICH	38
3.7 PARÁMETROS QUE INFLUYEN SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADSORCIÓN	39
3.8. APLICACIÓN	40
3.8.1. En fase líquida	40
3.8.2. En fase gas	41
3.8.3. Adsorción en fase: líquido	45
3.9 PARTE EXPERIMENTAL	46
3.9.1. Preparación de carbón activado	46
AREAS BET (A_{BET})	47
ISOTERMAS DE ASORCION	49
4. RESULTADO Y DISCUSION	58
ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
CARACTERIZACIÓN	58
VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	60
HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1:	60
HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2:	62
5. IMPACTO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PARA LA ELABORACIÓN DE CA PREPARADO A PARTIR DEL CUESCO DE COCO.	65
5.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y OFERTA DE CARBÓN ACTIVADO EN EL MERCADO ECUATORIANO	65
5.1.1 Análisis de la demanda	66
5.1.2 Análisis de la oferta	68
5.1.3 Balance demanda oferta	69

5.2	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CA A PARTIR DEL CUESCO DE COCO	70
5.2.1	<i>Flujo de inversión</i>	70
5.2.2	<i>Flujo de operación</i>	73
5.2.3	<i>Flujo de liquidación</i>	76
5.2.4	<i>Flujo de caja económico</i>	76
5.2.5	<i>Indicadores de rentabilidad</i>	78
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	84
VI	BIBLIOGRAFIA	85
	ANEXOS	89

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1 Área superficial COCO ECUATORIANO	48
GRAFICA 2 Área superficial COCO PERUANO.....	49
GRAFICA 3 ISOTERMAS DE ASORCION COCO ECUATORIANO	50
GRAFICA 4 ISOTERMA DE LANGMUIR CA ECUATORIANO	52
GRAFICA 5 ISOTERMA DE FREUNDLICH CA ECUATORIANO	52
GRAFICA 6 ISOTERMAS DE ASORCION COCO PERUANO	53
GRAFICA 7 ISOTERMA DE LANGMUIR CA PERUANO	54
GRAFICA 8 ISOTERMA DE FREUNDLICH CA PERUANO	54

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 Principales aplicaciones del CA.	15
TABLA 2 Obtención del cocotero en país referido el 2008	23
TABLA 3 Rendimiento del carbón activado.	29
TABLA 4 Caracterización	29
TABLA 5 Determinación de pH	30
TABLA 6 Adsorción de cromo vi en carbón ecuatoriano.	32
TABLA 7 Adsorción de cromo vi en carbón peruano	32
TABLA 8 Principales bandas que aparecen en los espectros FTIR de los carbonos activos.	35
TABLA 9 Carbon Ecuatoriano.....	51
TABLA 10 Carbon Peruano	53
TABLA 11 Numero de malla y tamaño promedio de partículas.....	58
TABLA 12 Muestra los resultados de esta investigación	60
TABLA 13 Validacion de la Hipotesis (concentracion).....	63
TABLA 14 Areas Bet COCO ECUATORIANO	64
TABLA 15 Areas Bet COCO PERUANO	64
TABLA 16 Importaciones del Ecuador de carbón activado por los años 2008-2017.....	66
TABLA 17 Demanda de carbón activado en el mercado ecuatoriano por los años 2008-2017.....	67
TABLA 18 Demanda de carbón activado en el mercado ecuatoriano por los años 2018-2028	68
TABLA 19 Balance demanda oferta de carbón activado en el mercado ecuatoriano por los años 2018-2028	69

TABLA 20 Inversión para la implementación para una planta de producción de carbón activado a partir de la cascara de coco.....	71
TABLA 21 Inversión en equipos para la implementación de una planta de producción de carbón activado a partir de la cascara de coco.....	72
TABLA 22 Demanda efectiva del carbón activado producido por la planta de producción por los años 2019 – 2028.....	74
TABLA 23 Precio de comercialización del carbón activado por los años 2019 – 2028.....	75
TABLA 24 Ingresos obtenido producto de la comercialización de carbón activado por los años 2019 – 2028.....	75
TABLA 25 Egresos producto de la comercialización de carbón activado por los años 2019 – 2028.....	76
TABLA 26 Flujo de caja económico para la comercialización de carbón activado por los años 2019 – 2028.....	78
TABLA 27 Valor Actual Neto (VAN).....	80

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Muestras de carbón activado (Manual del carbón activado 2003)	14
FIGURA 2 Sectores del fruto de la palma de aceite	17
FIGURA 3 Endocarpio de la palma de aceite	17
FIGURA 4 Proporciones de la obtención de coco en el litoral.....	22
FIGURA 5 Sectores de Santa Elena sembradores de coco.	24
FIGURA 6 Activación con ácido fosfórico.....	28
FIGURA 7 Muestra de carbón activado.Derecha mufla utilizada para el proceso.	29
FIGURA 8 Proceso de adsorción. A la derecha muestra inicial y muestra final	31
FIGURA 9 Espectrofotómetro UV- VIS, usado en la lectura de las muestras	32
FIGURA 10 Mecanismo de Adsorción	36
FIGURA 11 Representación esquemática de los seis tipos de isothermas de adsorción.....	37
FIGURA 12 Representación grafica log X/m vs Log Ce.....	39

INTRODUCCIÓN

La importancia del Carbón Activado (CA) está en sus numerosas aplicaciones en áreas tan diferentes como es la industria alimenticia, farmacéutica, química, nuclear, petrolífera, tratamiento de aguas de consumo y depuración de efluentes industriales tanto líquido como gaseoso, análisis de aire y otros gases, entre otros.

Los métodos mas frecuentes de empleo del CA se hallan en sistemas de fluidos, por ejemplo el proceso de aguas potables y de uso doméstico, la desinfección de antibióticos y otros productos farmacológicos, en la industria alimenticia en el decoloramiento de azúcares y la mejora de las características de color, olor y sabor de bebidas y aceites comestibles. Además en la desinfección del aire en museos para evitar el SO_2 perjudicial para las pinturas, en la recirculación de aire desde el exterior en aeropuertos y en hospitales y en diferentes filtros que se emplean para los gases de fundición, en campanas extractoras, respiradores industriales y militares, etc. Comúnmente, además se puede hallar CA para desinfectar neveras, bultos que contengan productos farmacéuticos con un nivel alto del olor, en áreas relacionadas con la limpieza de artículos deportivos y en los filtros de los cigarrillos de tabaco y pipas de fumar con la finalidad de disminuir la cantidad de alquitrán y nicotina en el vapor. A nivel industrial, el CA puede ser empleado de forma muy eficaz para la expulsión de vapores orgánicos e incluso a presiones parcialmente bajas, siendo muy conveniente para la obtención de gases muy puros y en la conservación del medio ambiente. Por ej., pequeñas porciones de SH_2 se pueden convertir en sulfuro elemental en la aparición de O_2 mediante un CA tratado con yoduro de potasio en un proceso conocido como proceso Sulfosorbon. Semejante a éste, hay diferentes tratamientos comerciales que se emplean a nivel industrial con el ejemplo mostrado, como es el asunto de la técnica Sulfren o la técnica Desorex. Otra utilización industrial muy extensa es el uso de CA como catalizador, por ejemplo, en la síntesis de fosgeno a partir de CO y clorina y en la producción de cloruro de sulfurilo a partir de dióxido de sulfuro y clorina, entre muchas aplicaciones conocidas. Así mismo el CA también se emplea en plantas nucleares en la división

de xenón y criptón, en la creación de acumuladores de mercurio así mismo en la ayuda de constituyentes eléctricos. Específicamente, el CA se emplea en distintos países para evitar la contaminación atmosférica de los gases de gasolina en los vehículos a motor, donde se utilizan filtros de CA que adsorbe este vapor en la ensenada de ventilación de los tanques de gasolina cuando el automotor se deja al sol y provoca la evaporación del combustible. Son varias las ciencias que se están aplicando para reemplazar la gasolina en motores de combustibles fósiles y la forma a emplear combustibles cada vez más limpios y disminuir su costo.

1.1. Situación problemática

Hay una tolerancia notable en el aumento de elaboración de CA, beneficiando la alteración de sus características y su capacidad de adsorción, utilizándose generalmente en forma granular o en polvo, aunque también se puede producir con la apariencia de filamentos de carbón activo (ACF).

Esto es bastante adecuado debido a que influirían en el proceso de adsorción como son:

- El tamaño de la partícula, por lo que la medida del poro obtenido es de gran consideración.
- La polaridad de la partícula o presencia de grupos funcionales siendo entonces de gran interés los restos funcionales que actúan en la superficie del carbón, incluyendo su acidez.
- La cantidad del absorbente presente, por lo que es importante el área superficial del carbón además el área está fuertemente ligada al tamaño de poros y su repartición.

Las variables en la obtención de carbones activados por el método químico y que influirían sobre sus propiedades texturales son: la materia prima (cáscara de coco), la sustancia activadora o deshidratadora (ácido, fosfórico, cloruro de zinc, etc.), la concentración de la solución activadora, el tiempo de ataque, el lavado y neutralizado, la temperatura y el tiempo de calcinación.

En este trabajo se propone utilizar cáscaras de coco como materia prima y ácido fosfórico como sustancia activadora, ya que se sabe por la literatura que los carbones obtenidos son muy buenos y nos centramos en la influencia de la concentración de la solución activadora y el tiempo de calcinación como variables a estudiar.

1.2. Formulación del problema

Por lo precedentemente argumentado se plantea el problema bajo la siguiente interpretación:

1.2.1 Problema General

¿De qué manera varían las propiedades de adsorción de los carbones obtenidos a partir del cuesco de coco con la concentración de la solución activadora y la temperatura de calcinación?

1.2.2 Problema específicos

- a. ¿Cómo influye la concentración de la solución activadora con las propiedades texturales del CA preparado a partir de las cáscaras de coco?
- b. ¿Cómo influye el tiempo de calcinación en las propiedades texturales del CA preparado a partir del cuesco de coco?
- c. ¿Cómo influyen la concentración de la solución activadora y el tiempo de calcinación en las propiedades de absorción de los carbones activados de cáscaras de coco?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

El CA es empleado para satisfacer la demanda de las industrias metalúrgica, de remediación ambiental y de seguridad ocupacional. Sin embargo, las diferentes sustancias, con partículas de diferentes tamaños y propiedades fisicoquímicas, que son las que se encuentran en los efluentes líquidos y gaseosos, requieren que los carbones tengan diferentes características texturales tales como el área superficial y la asignación de la capacidad de los poros apropiados para cada una de ellas. A pesar de nuestros grandes recursos vegetales que permiten la fabricación de diversos tipos de CA es necesario que los procesos de fabricación permitan pronunciar las características deseadas en ellos.

1.3.2 Justificación práctica

La adquisición del CA a partir de la cáscara de coco permite fundamentar de manera consistente la integración en la matriz productiva del país.

Ya que con el desperdicio que son las cáscaras de coco se le da una mejor utilización a este recurso produciendo CA y a su vez crea industrias en el país para abaratar los costos de importación del CA, además crea fuentes de trabajo.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Comparación en el proceso de adsorción de dos especies de coco de diferente procedencia (ecuatoriano y peruano), sobre una solución conteniendo cromo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Preparar dos CA a partir de las cáscaras de coco con ácido fosfórico al 50% como solución activadora.

- Analizar la humedad, pH, cenizas, etc., y determinación de área superficial.
- Analizar la adsorción de cromo Cr^{+6} con los dos carbones activados preparados.

Organización de la investigación

El trabajo desarrollado está estructurado en cinco secciones que se describen:

En sección # 1, se incorpora la introducción, donde se destacan apariencias relacionadas con la situación problemática, la formulación del problema de investigación, la justificación y los objetivos.

En la sección # 2, se plantea el marco teórico dentro del cual se muestra la situación actual de la obtención del CA a partir del cuesco de coco, glosario de términos, la hipótesis y variables y matriz de consistencia.

En la sección # 3, se detalla el marco metodológico, los cuales admiten determinar las variables y sus indicadores imprescindibles para la presentación de las hipótesis.

En sección # 4, se reseñan los productos de la investigación. Interpreta la preparación de la materia prima (cuesco de coco), el desarrollo de las diferentes pruebas para obtener el CA, la aplicación y productos conseguidos en los ensayos realizados, tiempos de calcinación de la cascara de coco y la semejanza de los productos.

En la sección 5, se muestran los impactos.

Propuestas para la solución del problema

Beneficios que aporta la propuesta.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco filosófico y epistemológico

“El CA de cuesco (cáscara de coco) posee varias ventajas sobre carbones obtenidos de otros materiales. Tiene alta densidad y pureza, bajo contenido de cenizas, y estructura de poro uniforme” (Mozammel, 2002).

Permitiendo que al realizar la actividad del carbón, el agente activante pueda introducir fácilmente la organización, desarrollando un material más fuerte, y por lo tanto con una amplitud de adsorción mayor (Tam & Antal, 1999).

El CA (carbón activado), es un adsorbente muy variable, porque el tamaño y distribución de sus poros en la disposición carbonosa puede ser verificado para satisfacer las necesidades de la tecnología actual y futura. El área superficial del CA dependiendo de la materia prima y de la fase de activación (Moreno-Castilla, 2004; Mozia y col., 2005; Nevskaja y col., 2004).

La calcinación de la materia prima es llamada activación física, mientras que la activación química consiste básicamente en la separación térmica de la materia impregnada con agentes químicos, tales como el H_3PO_4 (ácido fosfórico), el cloruro de zinc o ácidos inorgánicos con agentes activantes (Girgis y col., 1994; Robau, 2006) entre otros.

“La activación química se realiza casi exclusivamente para carbones producidos de materia prima vegetal” (Wei, 2008).

2.1.1 Correlación de saberes filosóficos y científicos

La variación de vinculación entre el saber filosófico y el científico, y en particular entre la ciencia y la técnica, básicamente después de la transformación Industrial han mejorado en el presente la labor científica y aumentar su radio de acción más allá de la naturaleza, para que esta descubra su efectiva labor en la sociedad y en la formación natural.

El motivo por el cual, el conocimiento se ha transformando en un propósito de exploración, en el desarrollo a los métodos epistemológicos, en su rumbo, la conmoción, riesgos, y consecuencia, etc.

Son actividades la filosofía y la ciencia que sólo se pueden desarrollar a través del hecho de la exploración. Este reconoce la investigación del objetivo en consulta, y motivos que lo elaboran, especificación de sus preferencias de crecimiento, cautela de sus probables elecciones de desarrollo.

Aunque, la exploración científica y la exploración filosófica tienen en si relativas semejanzas y especificaciones. La filosofía conserva una gran soberanía y alejamiento relacionado con el entendimiento experimental de la ciencia.

2.1.2 Metodología

En el actual punto se explica la metodología empleada para la modificación del cuesco de coco en un adsorbente como lo es el CA, utilizado es semejante y se describe el flujo tecnológico del proceso y los materiales que esta investigación requiere para que se logre dirigir el final.

De este pensamiento metodológico se han obtenido incalculables especialidades de naturaleza epistemológica, psicológicas, sociológicas, de una guía en la investigación, etc., todas ellas apropiados en el trabajo de sistematización de las maneras de lograr el entendimiento natural. Por lo común cada una de ellas destaca alguna apariencia de esta fase y en ocasiones no toma el cuidado de otras materias y la dificultad de la producción científica que exige aprender de forma multidisciplinario.

El hecho de la búsqueda es un entrenamiento que constantemente es personal o general a la vez, en el cual es indispensable brindar atención al aprendizaje tal como canjearla y separar las deducciones hipotéticas más adecuadas a todos, en el momento que se proceda rápidamente sobre el diseño preciso de búsqueda, puede ser como asistente, un autor o asesor, consejero, etc.

2.1.3 Procesos científicos

En la investigación realizada se considera desde muy diferentes aspectos epistemológicos que defienden cierta relación vinculada en la situación y se admita en el campo filosófico y la relación en el universo entre el sujeto y el razonamiento, entre lo real y lo subjetivo. Lo cual no representa en forma alguna que está definida situación con los componentes sucesivos ya conocidos con una postura epistemológica definida, pero además es obvio que no se puede pensar de manera definitiva ajeno a la generación ontológico-gnoseológica de un científico con un vínculo y su postura ante los rendimientos y probabilidades del conocimiento.

Eli de Gortari “estima que la investigación científica, como todas las otras actividades humana, se realiza con mayores probabilidades de éxito cuando previamente se elabora un proyecto del trabajo por realizar, en el cual se incluye el procedimiento para ejecutarlo”. El modo científico es ciertamente el método adecuado que se aplica en la investigación, para mostrar los tipos de existencia de los procesos.

Para Ezequiel Ander-Egg, “la investigación científica, es una forma de proponer preguntas y buscar resolver por medio de una investigación o registro que tiene un interés teórico o una inquietud práctica”. De una manera muy usual, se llama investigación científica, a la adquisición de conocimientos sobre un carácter de la realidad (causa - problema) con el objeto de ejercer sobre ella. Es una investigación a partir de un ámbito teórico que se ajustan los obstáculos o las hipótesis como campo de observación.

Se necesita una representación establecida del objetivo que se investiga de un proyecto metodológico en la que se manifiestan los métodos y hallar las soluciones mezcladas en el desarrollo del problema. La búsqueda científica pide control y evidencia de la acción o anormalidad que se aprende por medio de la comprobación experimental. Ella difunde las posiciones o de mecanismos metodológicos y son notables para lograr y confirmar los cálculos estimados y adecuados a los propósitos de la exploración. El autor Lehner (2012) en su investigación sobre la Planta Piloto para la Producción de CA, en sus tesis afirma que existen grandes monocultivos en

la Costa y Amazonia de nuestro país, la cosecha del coco sirve para abastecer al país de aceite que obtiene al procesar los frutos de las palmas, al igual que menciona que una parte de estos residuos son utilizados como combustible para las procesadoras, mientras que el resto o sea la cáscara del coco es eliminada o quemada sin darle ningún tipo de utilización.

El coco o específicamente su corteza es el motor principal para poder procesar y convertir esta materia prima en un nuevo producto llamado carbón de leña.

2.1.4 Breve historial del CA

Los iniciales empleos de componentes procedentes de carbón parten de prácticas galenas. Por lo que utilizaban antracita (Carbón vegetal) como adsorbente obtenido a base de leños calcinados, como lo evidencian los griegos en un papiro hallado en Tebas en la época de 1550 a.C. Después, los griegos incrementan su empleo para filtrar el agua, con la finalidad de descartar malos aromas y gustos para evitar afecciones. “En la misma manera, se conoce que las embarcaciones fenicias depositaban el agua para tomar en toneles de madera relativamente calcinados en lo interno. Pero sus primeros usos están documentados el empleo de CA en fase gas, fue en 1793 por el Dr. D. M. Kehl el que emplea carbón vegetal para eliminar olores producidos por la gangrena.” El mismo Dr. utilizaba igualmente para filtrar el agua para ingerir “(Oviedo, 2006). Los primeros usos del CA a nivel industrial fue en Inglaterra, en 1794, en que se empleó como blanqueador en la fabricación del azúcar, incluso cuando la licencia es emitida en 1812. En 1854 fue la primera difusión en gran medida en el momento que un edil de Inglaterra decide colocar filtros de carbón vegetal en los sistemas de aireación en los desagües. En 1872, se muestran las primeras mascarillas con filtros de carbón empleadas en la empresa química para prevenir la respiración de gases de Hg.

Fue en 1881, cuando Kayser incluye la expresión adsorción y poder explicar de qué manera los compuestos calcinados retienen los vapores. “En tiempos cercanos, Fue Van Raphael Ostrejko, que se lo estima como el creador del CA, desarrollando

diferentes fórmulas para producir CA tal como se sabe actualmente. En 1901 registro dos de sus fórmulas”.

“Mientras en la Primera Guerra Mundial el empleo de componentes químicos trajo como consecuencia la obligación de construir filtros de CA para máscaras de vapores. Ese fue el lugar de marcha en el avance de la producción de CA que se difundió hacia otros empleos”.

2.2 CA a partir del cuesco de coco

De la cáscara de coco es factible producir diferentes muestras de CA para diferentes empleos modificando las circunstancias de tratamiento.

Por ej., calcinando el cuesco de coco a elevada temperatura (800 °C) con aparición de gases de agua se suele producir un coque hidrofílico (relación con el agua), micro poroso (con ultramicroporos de espesor < 0.7 nm), adecuado para usos que implican desprendimiento de vapores; sin embargo, si se acciona a baja temperatura (450 °C) utilizando un precursor químico, como H_3PO_4 o $ZnCl_2$, se logra producir un coque hidrofílico de orificios más anchos (con mesoporos > 2 nm) adecuado para usos en estado líquido (Reinoso. 2005).

Así mismo, de producir una gran distribución de poros, el CA adquirido del cuesco (cáscara de coco) produce con alta rigidez y fuerza, relacionado con el conseguido de troncos.

2.2.1 Estructura y propiedades del CA

“En la posición y la perspectiva orgánica, CA se permite calificar tanto un resultado carbonoso poroso obtenido del origen de un compuesto con origen de carbón con vapores, y en momentos con agregar agentes químicos (por ej., H_3PO_4 , $ZnCl_2$, KOH, etc.), mientras que posterior a la calcinación, para incrementar la porosidad. Es únicamente, esta propiedad del CA la que ayuda a sus características más considerables, tiene forma esponjosa en la parte interna muy crecida en cuanto al tiempo, alcanzable a los procedimientos de adsorción “Reinoso, (2005). El espacio

específico en los tamaños de los orificios requiere del compuesto y de las propiedades de métodos de calcinación y reacción empleados.

Las longitudes en los orificios parten desde los más reducidos, designados micro poros (2,0 nm) incluso los meso poros (entre 2.0 y 50.0 nm) y macro poros (> 50,0 nm).

El uso podría necesitar de CA bajo desiguales especímenes: polvo (CAP, proporción media de la molécula de 1.0-5.0 nm). Otras estructuras son: las fibras, telas, membranas, y megalitos de carbón. La elección y la muestra en exhibición se fundamenta depende el nivel de desinfección que se pida (Reinoso, 2005).

También, de alcanzar una gran asignación de poros, el CA conseguido del cuesco de coco surge con más consistencia y fortaleza, relacionado con el producido de troncos. Además otra utilidad que presentan los CA adquiridos de compuestos orgánicos, en comparación a los conseguidos de compuestos inorgánicos, es que en los inicios, la proporción de cenizas es mínima.

El cocotero como componente principal a nivel mundial es muy excesivo. Se obtiene en más de 90 países en el mundo, aunque no sólo en una docena de ellos se agrupa el 91.1% de superficie asentada con este plantío.

El coco, es el principal de todos los palmeros. Es muy popular este arbusto de la vida, o el arbusto de los mil usos, su fruta, las hojas, madera, suministran a algunos habitantes campesinos, de alimento, bebidas, combustible y vivienda.

La concha resistente o endocarpio del coco se emplea a modo de energía en elevado interés energético (7500 – 7600 cal/g), y además se emplea como componente principal para la producción de CA.

Es conveniente por el gran apogeo en el mercado el CA resulta apropiado estudiar las probabilidades de desarrollo en el beneficio y la obtención del coco. De esta forma se tiene en cuenta que la hectárea en una finca de cocos puede obtener unos 15 mil cocoteros.

En lo cual, las características adsorbentes de un CA no es único y sólo son específicos por la propiedad porosa, sino también por su composición química.

El CA muestra en su sistema partículas de carbón con valencia insaturada y también, grupos funcionales (esencialmente N_2 y O_2) y compuestos inorgánicos

provenientes de las cenizas, todos ellos con un resultado considerable en las fases de adsorción.

Los grupos se constituyen mientras en el desarrollo de la activación por reacción entre los radicales libres del área del carbón que se haga químicamente reactiva y es el motivo por lo que afectan las características adsorbentes, básicamente para moléculas de cierto aspecto polar.

2.2.2 Características del Carbón Activado

El CA se caracteriza por su gran área específica, interna y su porosidad, su sistema capilar, que definen sus propiedades de adsorción, que dependen a su vez de la forma de obtención del CA, de su sistema físico y de alguna manera de su grado de refinación. No obstante que, los carbones activados están incluidos dentro del grupo de carbones de estructura amorfa, estos presentan una estructura micro cristalina la que necesita de las condiciones de preparación, pareciéndose al sistema del grafito.

El sistema del CA es menos ordenado que la del grafito, debido a que los cristales elementales del CA se describen como una red o estructura reticular, eslabonada formando hexágonos desordenados de carbono, lo que provoca la desviación de los planos de las capas de carbón.

2.2.3 Estructura del poro

“La **IUPAC** (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) fija una distribución de la forma del poro, conforme sea la cantidad de su espesor promedio”.

- a) Microporo: orificios con diámetros medios inferiores a 20 Å.
- b) Mesoporos: orificios con diámetros medios comprendidos entre 20 – 500 Å
- c) Macroporos: orificios con diámetros medios superiores a 500 Å.

El coque activo muestra en su constitución moléculas de C con valencia insaturada y, también grupos funcionales (especialmente N_2 y O_2) y elementos inorgánicos

encargados de los residuos, en total con un alcance notable en el tratamiento de absorción.

La asignación de la capacidad de orificio obedece básicamente de tres factores: la fuente de la materia prima, la clase de activación y la perennidad del proceso de activación.

2.3 Tipos de carbón activado

Necesitando si es sujeto a un procedimiento de granulación o pulverización, el CA se puede presentar como:

2.3.1 CA en polvo o PAC

“El CA en polvo o PAC (Powdered Activates Carbón), el cual se emplea en la preparación de medicinas antidiarreicas y adsorbente intestinal. Los PAC presentan dimensiones inferiores a 100 μm , siendo los tamaños característicos entre 15 y 25 μm ”.

2.3.2 CA granular o GAC

CA granular o GAC (Granular Activated Carbón), con poros de hasta 1 y 5 mm, se emplea en los filtros de columna para el tratamiento de agua. Los GAC consiguen dividirse en dos clases:

- a) CA troceado (o sin estructura). Los CA divididos obtenidos por trituración, cribado y división de briquetas de carbón o de pedazos más amplios.
- b) CA hecho (o con un área determinada, tubos, ruedas, etc.). Los carbones hechos se alcanzan obtener por polinización o por extrusión de carbón en polvo mezclado con distintas pruebas de aglomerados.

En la figura 1 se observan las formas de carbón activado (Manual del carbón activado, 2003).

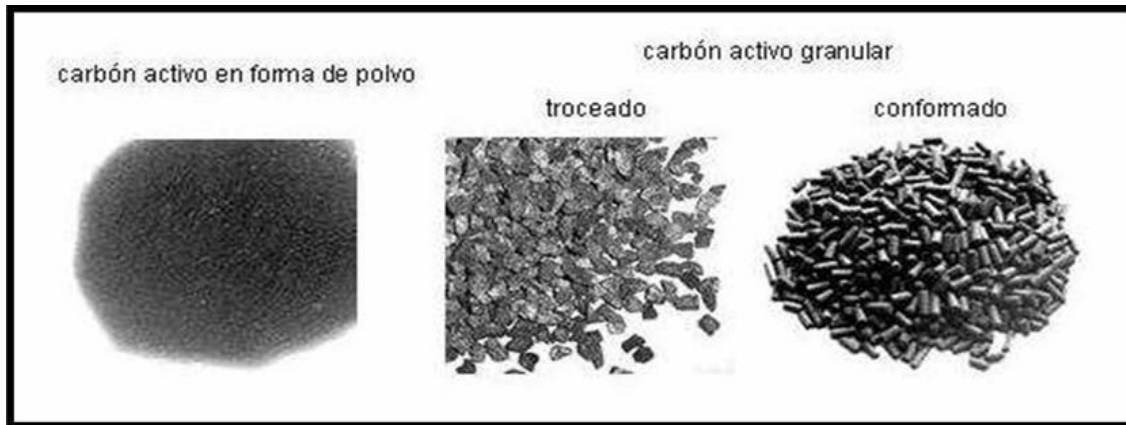


FIGURA 1. Muestras de carbón activado (Manual del carbón activado, 2003)

A continuación las importantes características que debe poseer la materia prima para la obtención de CA:

- Afluencia y mínimo precio.
- Consistencia(Dureza)
- Composición propia de poros.
- Elevada cantidad de carbono
- Poca cantidad de compuestos inorgánicos
- Elevada cantidad del compuesto durante el incremento de calcinación.
- Niveles bajos de degeneración durante su depósito.

2.3.3. Usos del CA

El CA posee a manera de los principales usos las vinculadas con el trato de aguas residuales y potables, empresa alimenticia y farmacéuticas descoloramiento y sustitutos del azúcar.

Aplicaciones industriales del carbón activado

TABLA 1 Principales aplicaciones del CA.

Aplicaciones	Descripción
Tratamiento de agua potable	Eliminación de contaminantes orgánicos, emanación de gases y purificación
Industria alimenticia	Decoloración del vinagre, retiro de etileno de las industrias de depósito de frutas.
Producción de bebidas	Remoción de cebo, sabores peligrosos, aldehídos y fenoles de coñac y cerveza.
Industria Hidrometalurgia	Restauración de Au por procesamiento de carbón en masa, en lecho y en columna.
Industria petroquímica	Depuración del petróleo, eliminación de contaminantes hidrocarburiíferos, recirculación de condensado de gases para limpieza de calderas.
Tratamiento de aguas residuales industriales	Disminución de halógenos totales de la demanda biológica (BOD) y química (COD).
Industria química	Restauración de líquidos orgánicos para recirculación, registro de difusión de gases, fundamento para el aumento de las reacciones.
Medicina	Eliminar los tóxicos desinfectantes y en forma de solución para contaminación con alcaloides, fosforo, fenoles y hongos.
Respiradores industriales	Eliminación de gases contaminantes.
Cigarrillos	Detención de ingredientes dañinos gas del cigarro, tales como la nicotina.
Refrigeración por adsorción	Para este trabajo se utiliza el carbón activado/metanol, ya que el refrigerante (metanol) es conveniente porque se evapora a temperaturas inferiores a 0°C

Según (Ferreira, 2015) el principio de funcionamiento se fundamenta en un ciclo intermitente, en el cual no hay restauración de calor. El periodo se basa en dos periodos: una determinada por el tratamiento de adsorción, cuando se produce la volatilización del fluido de trabajo (el adsorbato) y otra, de recuperación del medio

poroso (el adsorbente), mediante la transformación de energía solar, en la cual el adsorbato es adsorbido.

Adsorbente: Pertenece al sólido que adsorbe, en este caso el CA.

Adsorbato: Pertenece a la partícula captada por el adsorbente.

Superficie específica: Pertenece al área interna del CA, su unidad de medida es m^2/g .

2.4 Cascara de coco como materia prima

En nuestros días la diferencia de entre beber un vaso de agua fresca y uno contaminado, está en la utilización industrial de la cascara de coco. La dura cascara transformada en carbón, brinda las características ideales de resistencia y porosidad para contener hasta las moléculas más pequeñas.

Frente a tal escenario, hace algunos años, países como Japón, China y Corea del Sur, habían adoptado una original variedad de materia prima para producir un carbón más apto en retención de cuerpos ínfimos; este nuevo elemento revolucionó la investigación y el significado del término “inservible”: se trata de las cascara de coco.

2.4.1 Cáscara de Palma

En la **Figura 2** se presenta el producto de la palmera de coco (*Elaeisguineensis*, Jacq.) con sus partes integrantes. La cascara o endocarpio es el componente fuerte que defiende la semilla y forma el resto de la fase de extracción del aceite de coco.

El uso de este residuo agroindustrial como combustible no solo contribuye con el tratamiento de residuos, sino que ayuda a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero provenientes de los combustibles fósiles. Las cascara del endocarpio poseen una medida de energía de 12,56 MJ/ Kg y corresponden aproximadamente al 7% del peso del conjunto de frutos, mientras que las fibras mencionadas tienen un poder calorífico de 8,97 MJ/Kg y son el 10% del peso del racimo.

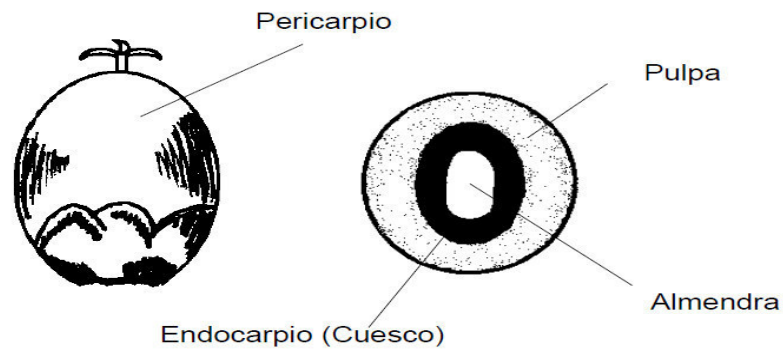


FIGURA 2 Sectores del fruto de la palma de aceite



FIGURA 3 Endocarpio de la palma de aceite

2.4.2. Clasificación botánica del coco

Nombre científico	: <i>Cocus nucifera</i>
Familia	: Palmace
Variedad	: Gigantes y enanas
Periodo vegetativo	: 4 – 5 años
Vida útil	: 40 – 50 años

Época de siembra	: Todo el año
Época de cosecha	: Todo el año
Clima	: Tropical

2.4.3. La producción de coco en el Ecuador

El cultivo de coco o palmas de coco en el Ecuador tiene un mayor alcance en tres provincias de la Costa y una de la Sierra, Loja. En estas cuatro ciudades se divide la clase nucífera y sus variedades enano, gigante y el híbrido. Según el Censo Nacional Agropecuario, las palmeras de esta fruta están en Esmeraldas, Manabí, Guayas y Loja. La provincia que mayor producción tiene es Esmeraldas, con un número de hectáreas que alcanzan el 77,26% del total nacional, seguida de Manabí, con el 18,72%. En la 'Provincia de Esmeraldas el coco se concentra en el norte, en los cantones fronterizos: Eloy Alfaro y San Lorenzo del Pailón.

2.5 Preparación de carbones activados

Los CA mercantiles son producidos de materias orgánicas que son abundantes en carbono, básicamente madera, huesos y cáscaras de frutas, turba, carbón mineral, breas y hulla. La opción del agente es principalmente una actividad de su posibilidad, costo y limpieza, pero la fase de elaboración y la probable utilización del resultado obtenido ha de ser muy tomado en consideración.

Las fases de elaboración logra formar 2 ejemplos activación física (además llamada térmica) la reacción química en la porosidad de los carbones obtenidos por activación física en el efecto de la evaporación del producto calcinado a temperaturas altas, en tanto que la porosidad que se obtiene por reacción química es obtenida por activaciones de deshidratación química, que se producen a temperaturas muy bajas.

HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.6. Planteamiento de la hipótesis

2.6.1 Hipótesis General

La concentración de la solución activadora y la temperatura de calcinación influyen en la adsorción de los CA preparados a partir de las cáscaras de coco.

2.6.2 Hipótesis específicas

- La concentración de la solución activadora en la preparación de CA influye en la superficie y porosidad de los mismos.
- La temperatura de calcinación influye en la superficie y porosidad de los carbones activados obtenidos.
- Influye en la adsorción que permite relacionar, la escala a nivel de laboratorio con la relación de escala a nivel industrial.

2.6.3 Identificación de variables

2.6.3.1 Variables de la Hipótesis general

Variable Independiente

Método de preparación (Concentración de solución activadora y tiempo de calcinación)

Variable Dependiente

Propiedades Texturales (superficie específica y porosidad) de adsorción.

2.6.3.2 Variables de las Hipótesis específicas

2.6.3.3 Hipótesis específica 1:

Variable Independiente

Concentración de solución activadora.

Variables Dependientes

Superficie específica (permeabilidad)

Porosidad

2.6.3.4 Hipótesis específica 2:

Variable Independiente

Tiempo de calcinación

Variables Dependientes

Superficie específica (permeabilidad)

2.6.3.5 Hipótesis específica 3:

Variables Independientes

Concentración de solución activadora.

Tiempo de calcinación

Variables Dependientes

Concentración final de soluciones coloreadas sometidas al proceso de adsorción.

MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA						
"ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN ÁCIDA DE ACTIVACIÓN Y EL TIEMPO DE CALCINACIÓN EN LAS PROPIEDADES TEXTURALES Y DE ADSORCIÓN DE CA PREPARADOS A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO"						
AUTOR: Iván Eduardo Suarez Escobar						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS Y MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	MARCO TEÓRICO
GENERAL ¿De qué manera varían las propiedades de adsorción de los carbones preparados a partir de cáscaras de coco con la concentración de la solución activadora y la temperatura de calcinación?	Comparación en el proceso de adsorción de dos especies de coco de diferente procedencia (ecuatoriano y peruano), sobre una solución conteniendo cromo.	La concentración de la solución activadora y la temperatura de calcinación influyen en la adsorción de los carbones activados preparados a partir de las cáscaras de coco.	V.I.: Método de preparación	--		
			V.D.: Propiedades Texturales y de adsorción.	--		
ESPECÍFICO 1 ¿Cómo influye la concentración de la solución activadora con las propiedades texturales del CA preparado a partir de las cáscaras de coco?	Preparar dos CA a partir de las cáscaras de coco con ácido fosfórico al 50% como solución activadora.	La concentración de la solución activadora en la preparación de carbones activados influye en la superficie y porosidad de los mismos,	V.I.: Concentración de solución activadora	mol/L	isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno	Isotermas de adsorción, superficie B.E.T.
			V.D.: Superficie específica y porosidad	m ² /g, nm		
ESPECÍFICO 2 ¿Cómo influye el tiempo de calcinación en las propiedades texturales del CA preparado a partir de las cáscaras de coco?	Análisis de humedad, pH, cenizas, etc., y determinación de área superficial.	La temperatura de calcinación influye en la superficie y porosidad de los carbones activados obtenidos.	V.I.: Temperatura de calcinación	K	isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno	Isotermas de adsorción, superficie B.E.T.
			V.D.: Superficie específica y porosidad	m ² /g, nm		
ESPECÍFICO 3 ¿Cómo influye la concentración de la solución activadora y el tiempo de calcinación en las propiedades de adsorción de los carbones activados de cáscaras de coco?	Análisis de adsorción de cromo con los dos carbones activados preparados.	La concentración de la solución activadora y la temperatura de calcinación influyen en las propiedades de adsorción de los carbones activados preparados.	V.I.: Concentración de solución activadora y temperatura de calcinación	mol/L, K	espectroscopía UV-vis	espectroscopía UV-vis, absorbancia-tramitancia
			V.D.: Concentración final de soluciones coloreadas sometidas al proceso de adsorción	I/I ₀ (adimensional)		

Provincias productoras de coco

En el país la más gran parte de tierras sembradas con coco están situadas en la zona del litoral en ciertas islas, básicamente en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y El Oro. En el cual hay el 85% del terreno sembrado. Aunque, se puede haber sembrado incluso a los 400 metros sobre el nivel del mar.

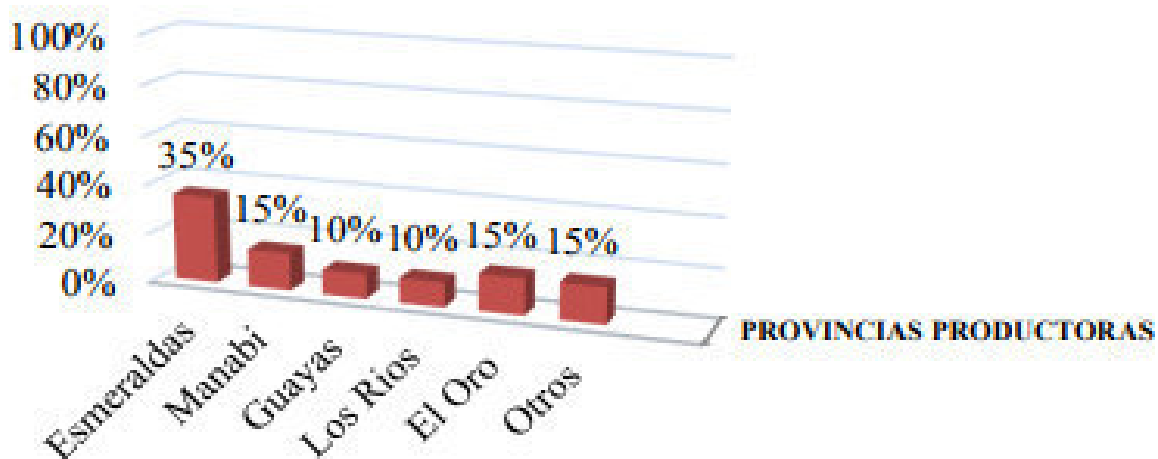


FIGURA 4 Proporciones de la obtención de coco en el litoral.

Fuente Pillacho Rodríguez (2007)

La plantación de cocotero en el país año 2008, según VILLEGAS y VÉLEZ (2008), es la siguiente:

TABLA 2 Obtención de cocotero en el país referido el 2008

Provincias del Ecuador	Producción de coco (t/ha)	Porcentaje
Manabí	1 1001	0,90
Esmeraldas	66 000	5,45
Guayas	1 568	0,13
Sucumbíos	770 000	63,65
Napo	260 000	21,50
Orellana	95000	7,85
Galápagos	6 000	0,50

Fuente: Villegas Girón & Vélez Cervantes 2008

INEC (2015) indica en el año 2008 el total de la producción de coco en la ciudad de Esmeraldas fue de 66 mil hectáreas de las cuales 20 mil pertenecerían al cantón Muisne, 30 mil al cantón Eloy Alfaro y 16 mil al cantón San Lorenzo; esta ciudad se señala por ser zona netamente cocotera del país.

Diario LA HORA (2015) expresa el beneficio de la plantación de cocotero en la ciudad de Esmeraldas, ha logrado hasta esa fecha 1200 unidades por hectáreas para una producción de 806 millones de cocos anuales. En esta fecha se envió a Estados Unidos, Colombia, Japón, Reino Unido y España, exportación que en la actualidad ya no se realiza.

SALTOS (2014) muestra que en el último Censo Agropecuario la producción de cocotero tiene una superficie de plantación de 1212 hectáreas en Manabí; aunque la posibilidad de crecimiento son elevadas por motivo que su aumento es muy frondoso y robusto a orilla del mar, sin que el suelo salino detenga su crecimiento, produciéndose una de las pocas 7 plantaciones que vemos en las orillas o su cercanía. Favoreciendo un legítimo proyecto de impulso podría lograrse la renovación de los árboles envejecidos o la siembra en otros lugares, con diferentes o mejores situaciones provechosas.

MAGAP (2010) asegura que en la provincia de Santa Elena, los plantíos constantes más valiosos están asociados a la agro exportación, y representa el 99% de este tipo de plantación, de los cuales no se haya el coco, sin aunque existe una cantidad mínima en la plantación de esta fruta tropical en zonas como, Manglaralto, Colonche, Chanduy, Simon Bolívar, Santa Elena.

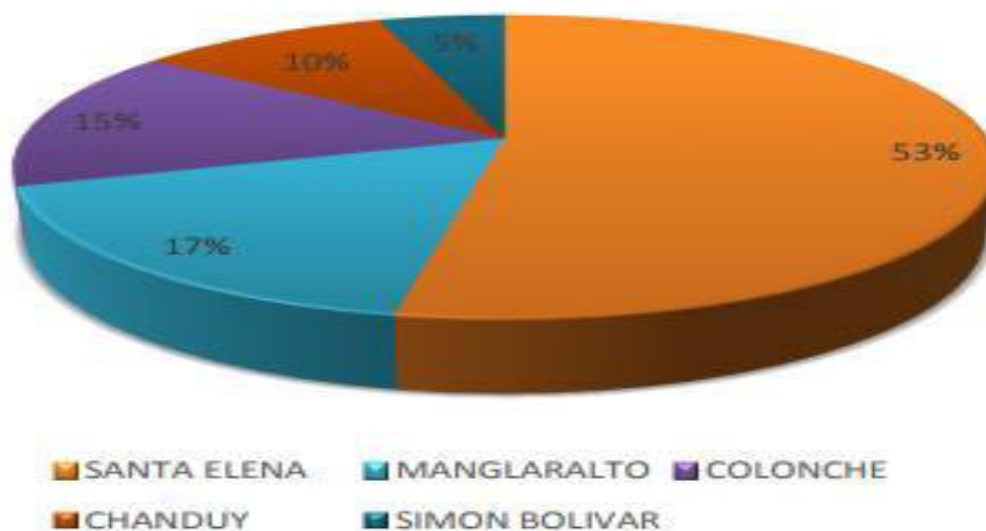


FIGURA 5 Sectores de Santa Elena sembradores de coco.

Fuente: MAGAP (2010)

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El proyecto contiene un método estructural y funcional cada etapa del procedimiento depende del tipo de investigación:

- La investigación es, Básica cuasi experimental y aplicada (contribuirá a la ampliación de conocimiento). Se determina como un trabajo orientado a la investigación de nuevos estudios y nuevos campos de búsquedas sin un fin apropiado definido y próximo (De la Orden, 1985).
- Establece un plan adaptado por métodos importantes que señalan como se debe hacer observaciones, los experimentos y las mediciones (Alvarez, Alvaro 1990).
- La Extensión del Estudio: Investigación de Caso (estudiaremos un caso en particular, carbones activados de cáscara de coco)
- Las Variables: Experimental (manipulación de las variables independientes)
- El nivel de la medida y el estudio de la información: Explicativa (relación causa efecto entre variables independientes y las dependientes)
- Interdisciplinaria (buscamos una explicación coherente: metodológica, teórica y conceptual entre física, química y ciencias de los materiales).

Cómo varían las propiedades texturales y de adsorción de los carbones preparados y la temperatura de calcinación.

Determinar la influencia de la concentración de la solución activadora y la temperatura de la calcinación sobre las características texturales y de adsorción de los carbones elaborados a base del cuesco (cáscara de coco).

Se presentara dos series de carbones del cuesco (cáscara de coco), las primeras activándolas químicamente, variando la concentración ácida y otras con la comparación de la temperatura de calcinación.

Se realizara la caracterización de los carbones por técnicas texturales para obtener área específica y tamaño de poro.

Finalmente se comparará la adsorción de los carbones activados frente a soluciones coloreadas simulando efluentes industriales, soluciones finalmente analizadas por métodos espectroscopios (ultravioleta –visible)

3.1.1 Unidad de análisis

- Son aquellos profesionales que saben identificar los criterios de inclusión y exclusión de cáscaras de cocos de una determinada clasificación de cocos existentes a nivel del Perú y Ecuador.
- La unidad de análisis será una cantidad de peso de estas cáscaras de coco ya acondicionadas y a las que se someterá a tratamientos similares, pero con valores diferentes en las variables independientes a controlar.

3.1.2 Población de estudio

- Se harán consultas a expertos especializados en el tema.
- La población serán los que trabajan en base al material a carbonizar o materia prima para la obtención del CA, es decir los que usan cáscaras de cosas de una determinada clasificación de cocos existentes a nivel del Perú y Ecuador.

3.2.1. Tamaño de muestra

- Cinco expertos
- El tamaño de la muestra dependerá de los resultados que se obtengan, en el proceso cuasi experimental de la investigación.

3.2.2. Técnicas de recolección de datos

- El trabajo de investigación es cuasi experimental en procesos fisicoquímicos, por lo cual la técnica de recolección de datos está dada por la observación a la respuesta cuantitativa de los instrumentos o métodos experimentales de medición.

- Los datos del proceso de adsorción se tomarán cada 5 o 10 minutos, una vez colocada la masa de carbón establecida, sobre la solución coloreada.
- Las lecturas de cada muestra se realizarán inmediatamente en el equipo espectroscópico, evitando la degradación de color por efectos de la luz ultravioleta.

3.1.3 Selección de muestra

La selección de la muestra es mediante el muestreo no probabilístico o sea por juicio del investigador, de la siguiente manera:

- A los que más tengan conocimientos teóricos y prácticas sobre el tema y especialmente a los que tengan publicaciones.
- Las publicaciones que saben seleccionar y procesar un conjunto limitado de frutos de coco a los cuales se les extraerá la cáscara, se reducirá de tamaño y se clasificará por tamizado.
-

3.1.4 Métodos científicos utilizados en la investigación

- a) **Métodos Teóricos:** Se utilizó el Hipotético – Deductivo, así como el analítico, para la estructura del marco teórico que basa la investigación y la representación en la demostración de la tesis planteada.
- b) **Métodos de la observación científica:** En la clasificación de la materia prima del huesco de coco para el eficiente desarrollo del experimento.
- c) **Método experimental:** Se muestran las diferentes situaciones de ensayo y a partir de ellas elaborar un proyecto práctico para producir CA, disponiendo de los mejores estados de tiempo y temperatura.

3.1.4.1 El procedimiento experimental aplicado en el desarrollo de la investigación se basó en 4 etapas:

a) Preparación de la materia prima

Se seleccionaron dos especies de coco, las de mayor consumo en ambas especies.

Se procedieron a cortar y separar la cáscara.

Las cáscaras se lavaron con agua caliente para evitar la presencia del aceite de coco.

Se procedió a triturar para obtener un menor tamaño.

Obtención de los carbones activados

La materia triturada se procedió a colocarle en el reactor de vidrio para el proceso de activación con ácido fosfórico en relación 1:1.25 cáscara coco: ácido, como se muestra en la figura 1. La activación se dejó por 24 horas



FIGURA 6 Activación con ácido fosfórico

Se procedió luego de culminado el tiempo de activación se lavan con agua destilada tibia en relación 1:1. Y luego se seca a 378 °K por espacio de 1 hora y posteriormente se colocan en una capsula y se carboniza en una mufla a 773 °K.(500°C).



FIGURA 7 Muestra de carbón activado. Derecha mufla utilizada para el proceso.

El rendimiento del carbón activado obtenido fue:

TABLA 3 Rendimiento del carbón activado.

Carbón	%Rendimiento
Peruano	47%
Ecuatoriano	51%

b) Caracterización química y textural

Las muestras fueron caracterizadas determinándose, acidez, %humedad y % de cenizas.

Estos datos obtenidos nos presentan que los carbones están dentro de los parámetros establecidos para carbones con buen proceso de adsorción.

Caracterización fisicoquímica carbón activado

TABLA 4 Caracterización

Carbón activado	% humedad	% materia volátil	%ceniza
Peruano	16,75	67.6%	10.4
Ecuatoriana	8,04	45%	9.5

Determinación del porcentaje de humedad

Para el análisis de humedad se utiliza 1 g de carbón activado, luego se llevó a secar a 105 °C por una hora después se dejó enfriar hasta temperatura ambiente.

Los resultados se muestran en la tabla 3.

Determinación del porcentaje de ceniza

Para la determinación de % ceniza se utilizó 1g de carbón de I % H, luego se llevó a 550 °C por 1h después se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Los resultados se indican en la tabla 3.

Determinación de materia volátil

El método para determinar el contenido de materia volátil (AMST 3175) consisten en el calentamiento de una muestra pesada de carbón 1 g en un crisol cubierto y colado en una mufla a una temperatura de 950 °C \pm 2 °C por 7 min, la pérdida en peso (excluyendo la pérdida debido al agua) es el contenido de materia volátil (expresado como el porcentaje en peso).

Determinación de pH de las muestras carbonizadas

Se utilizó 1 g de cada carbón activado el cual se procedió a calentar con 25 ml de agua desionizada hasta ebullición luego se dejó enfriar hasta temperatura ambiente para después filtrarlo y analizar el pH de la solución con un pH- meter OAKTON pH700, los resultados se indican en la tabla 5

TABLA 5 Determinación de pH

CARBÓN	pH	% Humedad	% Cenizas
Peruano	6,1	16,75	10.4
Ecuatoriano	5,4	8,04	9.5

c) Método experimental de adsorción

El procedimiento de adsorción se efectuó sobre soluciones de cromo, para lo que se utilizó una solución de 10 ppm de Cr^{6+} . Las pruebas de adsorción realizaron en relación 1g de carbón/ 100 mL.

La agitación se llevó a cabo por espacio de dos horas, sacando alícuotas de 5 ml de muestra de cada 20 min, las cuales se llevaron a leer en un espectrofotómetro uv-visible.

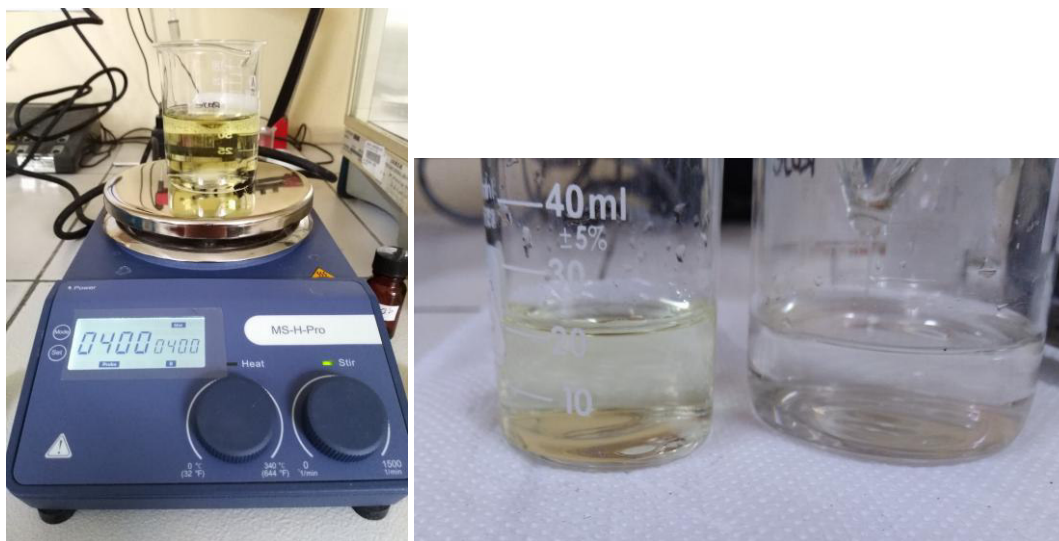


FIGURA 8 Proceso de adsorción. A la derecha muestra inicial y muestra final

Los resultados obtenidos luego de la lectura en el espectrofotómetro de marca THERMO scientific, utilizando el método de dimetil carbazida, reportó que el carbón de coco de procedencia ecuatoriana dio porcentaje de remoción del 99.01% con respecto al de procedencia peruana que dio un 79,3%



FIGURA 9 Espectrofotómetro UV- VIS, usado en la lectura de las muestras

TABLA 6 Adsorción de cromo Cr^{+6} en carbón ecuatoriano.

TIEMPO	ABS	CC(ppm)	% DE REMOCION
0MIN	3.706	10.1544852	99.01
20E	3.198	8.76397992	
40E	2.071	5.67913842	
60E	1.026	2.81874857	
80E	0.329	0.9109096	
100E	0.035	0.10616834	
120E	0.033	0.10069391	

CC (ppm): Concentración de Cr^{+6} en ppm

ABS: Absorbancia (cantidad de energía adsorbida por una sustancia pura o en solución)

TABLA 7 Adsorción de cromo Cr^{+6} en carbón peruano

TIEMPO	ABS	CC(ppm)	% de remoción
0MIN	3.706	10.1544852	79.30
20P	3.412	9.34974396	
40P	2.885	7.90723157	
60P	2.019	5.53680324	
80P	1.51	4.14356072	
100P	1.004	2.75852984	
120P	0.767	2.10980985	

Tipo de investigación

La forma de investigación aplicada parte de un modelo explicativo, unido a una búsqueda bibliográfica y un método cuantitativo. El grado en la investigación empleada fue de tipo Hipotético – Deductivo, el Metódico - Sinóptico

3.2 Métodos de activación del carbón

Los métodos de elaboración parte en dos, según el tipo de activación: la activación física (denominada también térmica) y la activación química.

3.2.1 Activación física

La propiedad de los carbones obtenidos por medio de activación física es el resultado de la vaporización de la materia calcinada a temperaturas altas. En la calcinación se descartan partículas tal es el H_2 y el O_2 y el agente al formar un medio carbonoso en la composición filtrable áspera. Mientras en la vaporización el calcinado se presenta un ambiente corrosivo (vapor de agua, CO_2 , o combina los dos) y desecha los compuestos gaseosos y partículas de carbono, incrementando la cantidad de orificios y la superficie determinada. El coque que se produce es denominado carbón principal (igual al utilizado para hornear carnes).

3.2.2 Activación química

Los orificios en los coques aunque se producen por reacción química son obtenidos por mecanismos de deshidratación química, que hay temperaturas muy mínimas. Ese procedimiento del componente que tiene origen de carbón se humedece con un componente químico, básicamente H_3PO_4 o $ZnCl_2$ y el compuesto humedecido se calienta en un horno a $500 - 700\text{ }^{\circ}C$. Los compuestos químicos empleados disminuyen la creación de materia volátil y carbones Robau, (2006). El carbón proveniente se limpia para descartar los residuos del compuesto químico empleado. Este carbón es denominado secundario.

3.3.3 Caracterización textural

La caracterización textural, estudia dos aspectos enlazados entre sí, la superficie específica y la porosidad. La superficie representa el área que el material tiene por cada gramo de materia, generalmente se expresa en unidades de m^2/g , la existencia de poros o cavidades les confiere grandes valores de superficie específica.

3.3.4 Caracterización química

La caracterización Química de los carbones activados puede ser conseguida mediante una adecuada adición de varias técnicas.

Análisis físico – Químico

La caracterización química de un carbón activado debe necesariamente considerar análisis inmediato (cenizas, materia volátil y carbono fijo) pH y densidad aparente.

3.3 Espectroscopia infrarroja (ftir)

La caracterización de los grupos funcionales superficiales presentes en los carbonos activados mediante FTIR, se basa en los mismos principios del análisis funcional de la química orgánica, cada grupo se le asocia una o varias bandas características, sin embargo, los valores característicos de número de onda (cm^{-1}) de los grupos funcionales de los carbonos activados, a los cuales a parecer una determinada banda en el espectro puede variar respecto del correspondiente valor que presenta el grupo aislado.

TABLA 8 Principales bandas que aparecen en los espectros FTIR de los carbonos activos.

NUMERO DE ONDA (cm ⁻¹)	ASIGNACION
3400-3500	Tensión OH de grupos fenólicos
3200-3250	Tensión OH de grupos carboxílicos
2800-3000	Tensión de grupos alifáticos –CH ₂ y CH ₃
1720-1730	Tensión C=O de grupos carbonilos
1600-1650	Tensión C=O de grupos quinónicos
1585	Tensión C=C de anillos aromáticos
1100-1200	Tensión C-O de grupos fenólicos o éteres

Estas agrupaciones funcionales originan que el área del carbón sea químicamente relativa y esta es el motivo por que afectan a las características adsorbentes. Estos se producen durante el proceso de activación igual como O₂ y N₂ que permiten en parte proceder del precursor o el ambiente.

3.4 Adsorción

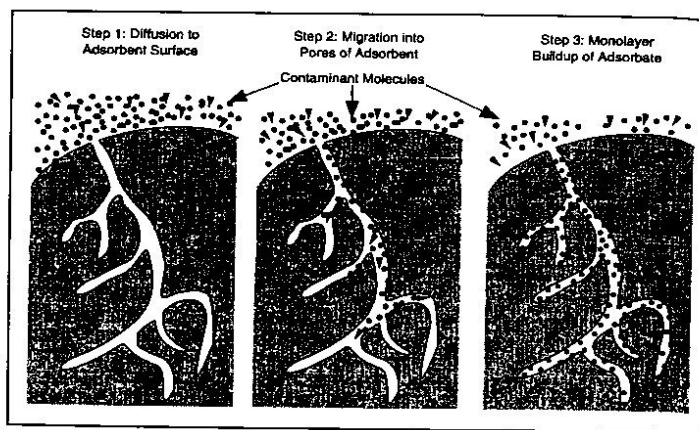
La adsorción en un sólido se define como el enriquecimiento de uno o más constituyentes de un fluido (gas o líquido) en el área entre las dos fases. Las moléculas se unen al área por fuerza física o química (o una mezcla de ellas).

- a) **Adsorción Física:** debida a las fuerzas de Van Der Waals como las que existen en las moléculas en estado líquido. Estas fuerzas incluyen la atracción electrostática en el caso de moléculas con momento bipolar permanente y atracción bipolar inducida con moléculas polarizables, cuando la atracción es entre moléculas no polares son las fuerzas de dispersión las que actúan.
- b) **Adsorción Química:** debido a la formación de enlaces químicos, cuando la coordinación del átomo en la superficie es menor que la del sólido, tendrán valencia libres que pueden interaccionar con moléculas

que se le acerquen, esta interacción puede considerarse como una reacción química porque se producen cambios drásticos, de la molécula.

La adsorción es un fenómeno superficial, la capacidad de la adsorción se relaciona directamente con la estructura del poro y el área condiciones del equilibrio. El punto del equilibrio es determinado por parámetros tales como tiempo, temperatura, del pH, de la concentración y del contacto. La adsorción no es un proceso selectivo pero dependerá de la afinidad específica de la adsorción de cada uno el compuesto que se relaciona con los parámetros tales como tamaño y solubilidad moleculares.

FIGURA 10 Mecanismo de Adsorción



3.5 Isotermas de adsorción

La representación gráfica de la cantidad adsorbida, a una temperatura constante en función de la presión o concentración del adsorbato, se entiende como isoterma de adsorción.

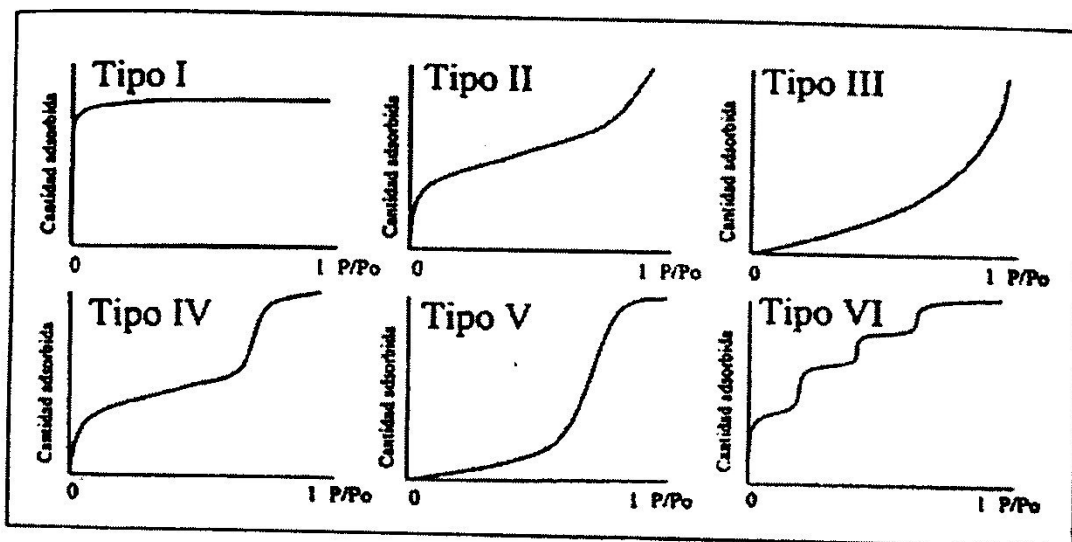


FIGURA 11 Representación esquemática de los seis tipos de isothermas de adsorción.

La isoterma **tipo I**, también isoterma de langmuir, se caracteriza porque la adsorción se produce a presiones relativas baja. Características de los sólidos microporosos.

La isoterma **tipo II** es propiedad de solidos macroporosos o no porosos, tales como negros de carbón.

La isoterma **tipo III** se produce cuando la interacción adsorbato-adsorbente es baja.

La isoterma **tipo IV** es propiedad de solidos mesoporosos. Muestra un aumento de la cantidad importante a presiones relativas intermedias, y ocurre mediante un mecanismo de llenado en multicapas.

La isoterma **tipo V**, esta isoterma se representa por la aparición de un periodo de histéresis, señalando que la adsorción sigue rutas distintas.

3.6 Isoterma de freundlich

La ecuación de freundlich ha demostrado ser útil para predecir el comportamiento del carbón activado en la mayoría de aplicaciones en fase líquida, representa gráficamente la relación entre la proporción adsorbida por cantidad de gramo de carbón con la aplicación del material en la solución.

Cada especie de carbón posee su correcta isoterma de adsorción y en su fase del tratamiento de aguas esta isoterma viene determinada por la función de Freundlich.

$$X/m = K_f C_e^{1/n}$$

X/m = Sustancia adsorbida por gramo de carbón activado

C_e = Concentración en equilibrio

K_f, n = Constantes específicas, donde K_f representa la capacidad de adsorción y n la intensidad de adsorción.

Representando gráficamente $\log X/m$ vs. $\log C_e$, es posible hallar los valores de n y K a partir de la pendiente y la intersección de la línea. Esta grafica es conocida como isoterma de Freundlich y es de mucha utilidad al evaluar el comportamiento de un carbón activado para determinada aplicación, y encontrarse la dosis adecuada.

$$\log X/m = \log k + 1/n \log C_e$$

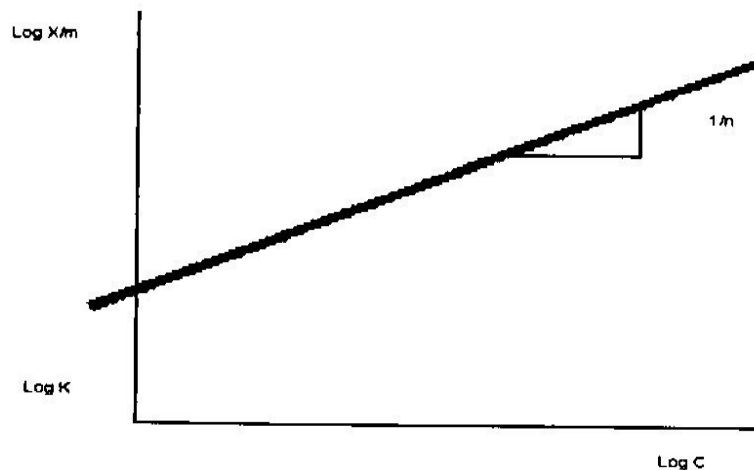


FIGURA 12 Representación gráfica log X/m vs Log C_e

Las moléculas en fase de gas o de líquido serán unidas físicamente a una superficie, en ese caso la superficie es de carbón activado. El proceso de la adsorción ocurre en tres pasos:

- Macro transporte: Movimiento del material a través del sistema de macro-poros del carbón activado (macro-poros > 50nm)
- Micro transporte: Movimiento del material a través del sistema de micro-poros del carbón activado (microporo < 2nm; mesoporo 2-50nm)
- Adsorción: Adhesión física del material a la superficie del carbón activado en los mesoporos y microporos del carbón activado.

3.7 Parámetros que influyen sobre las propiedades de adsorción

1. Caudal contra la cinética:

- a) Los niveles del alcance determinan las propiedades del cargamento del CA. El espacio máximo de la adsorción del CA se obtiene únicamente en el equilibrio.
- b) Los niveles cinéticos definen solamente el índice de la adsorción y no tienen insignificante afectar en el alcance de la adsorción.

2. Área superficial: La cualidad de la adsorción es distribuido al espacio superficial (determinada por el grado de la activación)

3. Tamaño del Poro: La distribución de tamaño correcta del poro es indispensable permitir el procedimiento de la adsorción proporcionando espacios de la adsorción y los conductos apropiados para trasladar el adsorbato.

4. Tamaño de Partícula: Partícula más pequeña proporcionan índices más rápidos de la adsorción.

5. Temperatura: Temperaturas más bajas aumentan el espacio de la adsorción exceptuando en la caja de fluidos viscosos.

6. Concentración del adsorbato: El alcance de la adsorción es equivalente a la concentración del adsorbato.

7. PH: La capacidad de la adsorción que se incrementa bajo parámetros del pH, que reducen la solubilidad del adsorbato.

8. Tiempo del Contacto: Se requiere el suficiente tiempo de contacto alcanzar equilibrio de la adsorción y para aumentar la eficacia de la adsorción.

3.8. Aplicación

3.8.1. En fase líquida

Entre los empleos se encuentran la eliminación de:

- Impurezas que producen color, olor y sabor en el agua potable, fluidos de procesamientos alimenticios (jugos, vinagre...), fluidos de procesos químicos (solventes, fármacos...)
- Color, combinaciones orgánicas tóxicas y metales unidos a partículas orgánicas en agua residuales de fuente industrial.
- Precursores de la pigmentación que logran no poseer pigmentación inicial, sin embargo lo producen en lo último del procedimiento o después de que el resultado se ha venido (ej.: azúcar de maíz)

Contaminantes que impiden la cristalización o en la cantidad de la creación de cristales (ejemplo: azúcares industriales y químicos).

- Combinaciones que producen efervescencia, o procedimientos que ocasionen como aireación y agitación...
- Impurezas que causan turbidez (ej.: ginebra, ron y otros destilados).
- Compuestos de elevada pureza (ej.: obtención de ácido ascórbico empleado en la elaboración de vitamina C)
- Partículas de iones metálicos, que se encuentran en concentraciones elevadas a los límites aceptables.
- Cl_2 , cloraminas u ozono del agua, se descartan por activación química en el área del CA.
- La contracción de un metal útil incluido en una mezcla disuelta, por método de adsorción, y con el siguiente rescate de dicho material (ej.: rescate de Au y Ag).
- A manera de catalizador. El CA contribuye a su gran espacio superficial y su aguante a la temperatura y presión.

3.8.2. En fase gas

Las importantes aplicaciones consisten en la exclusión de:

- Olores. En lugares habitables, de entretenimiento, en depósitos y olores producidos en tratamientos industriales o en industrias que realizan tratamiento de aguas residuales.
- Mezclas orgánicas tóxicas en áreas que va a inhalar el hombre de forma inmediata.
- Vapores de ácidos, y diferentes productos no absorbibles en CA. Esto se consigue untando el carbón con un producto químico que responda con el contaminante que quiera descartar.
- Contaminantes orgánicos en vapores que se obtienen de las industrias y que necesita purificar (ej.: CO_2 , H_2 , O_2 ...)
- Vapores radioactivos (ejemplo: isotopos radiactivos de Kr, Xe y I_2)

- Gases en los depósitos que acumulan productos orgánicos y aire o en vapores que salen. El carbón activado tiene como objetivo no solo la purificación del aire o gas de escape, sino la recuperación del solvente.

La adsorción en sistemas de carbón: gas (sólido: gas) con carbón activado, presenta una serie de características que influyen sobre la capacidad de retención de moléculas en la interface. De lo escrito a continuación se deduce la importancia de las propiedades de las fases que interviene durante la adsorción. El conocimiento de estas propiedades permite recomendar con precisión la efectividad del carbón activado, sus condiciones de aplicación y el tipo de adsorbatos a retener. A continuación se mencionan algunas características que influyen en la adsorción:

- i) **Selectividad:** la adsorción por parte del carbón es selectiva. Ciertos gases son adsorbidos rápidamente y en grandes cantidades. Sin embargo, otros gases en muchos menor cantidad y otros prácticamente pasan sin ser adsorbidos por la superficie del sólido adsorbente.
- ii) **Velocidad:** La adsorción del gas sobre el carbón es relativamente rápido. La velocidad de adsorción por parte del carbón, sin embargo, depende del grado de saturación de superficie, siendo mayor cuando menos saturada se encuentre la superficie del adsorbente. Esta característica es muy importantes en ciertos tipos de usos del carbón activado, como por ejemplo en las máscaras antigases: el filtro con carbón activado, de una máscara, separa eficientemente las sustancias dañinas del aire en fracciones de segundo.
- iii) **Influencia de Temperatura:** el grupo de adsorción depende de la temperatura. Así se sabe que cuando mayor es el valor de este parámetro, por encima de la temperatura crítica del gas, menor será la capacidad de adsorción del mismo. Tomando como referencia al oxígeno, el carbón activado a temperatura del ambiente tiene poca capacidad de adsorción sobre el O_2 debido a que su temperatura crítica es $-119\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, gases como la cloropicrina o el amoníaco son adsorbidos fácilmente por el carbón activo cuando se encuentran a la

temperatura ambiente (25°C), que es un valor muy por debajo al de sus temperaturas críticas. Este es el principio sobre el cual se basa la capacidad de adsorción del carbón activado en las máscaras de gas.

- iv) **Naturaleza del carbón activado:** productos adsorbentes preparados de formas distintas muestran diferentes capacidades de adsorción. Factores tales como el tamaño, humedad y composición química de la materia prima, el pre tratamiento y el método de preparación o activación de los poros, así como también la pureza del principal componente: el carbono
- v) **Superficie específica del adsorbente:** a igualdad de los demás factores, la superficie específica o área libre de la porosidad del carbón influyen de manera directa sobre la porosidad del carbón, por consiguiente de su capacidad de adsorción.
- vi) **Adsorción específica:** el grado de adsorción por unidad de masa del adsorbente depende de la presión parcial del gas adsorbido. Sin embargo, al alcanzar la saturación en la superficie del carbón activado, indica que se ha logrado el equilibrio. En este momento, a esta condición de saturación, el aumento en la presión no cambiara la cantidad del gas adsorbido. Valores de adsorción, en volumen, de varios gases retenido por una muestra de 1g de carbón activado, a una presión de 1 atm, a 15°C, son mostrados a continuación:

Cloro	235 ml
Amoniaco	181 ml
Dióxido de carbono	48 ml
Monóxido de carbono	9.3 ml
Nitrógeno	8.0 ml

- vii) **Reversibilidad:** En la mayoría de los casos la adsorción es reversible. En la carencia de efectos químicos, al aumentar la presión aumentará la adsorción y, al disminuir la presión, se liberará parte del gas adsorbido. Se conseguirá el mismo equilibrio si se llega a la condición

adsorbido. Se conseguirá el mismo equilibrio si se llega a la condición final a partir de un sólido que abarca más gas del que podría adsorber normalmente a la presión parcial del experimento. Por discernimiento de las particularidades antes mencionadas, los distintos carbones activos, para adsorción en fase gaseosa, son aquellos que tienen una porosidad elevada los que a su vez presentan una superficie específica elevada sobre la que se lleva a cabo la adsorción. En la práctica, además del carbón activado, se emplean materiales como el gel de sílice, tierra de batán, etc.: sin embargo, también puede llevarse a cabo una gran adsorción en superficies lisas, como el platino y el vidrio.

Tratamiento de aire

Eliminación de olores a sudor, humo de cigarrillo, solventes, medicamentos en áreas públicas cerradas: aeropuertos, hospitales, oficinas, submarinos, teatros, laboratorios, etc.

Purificadores de aire en ciudades o zonas con alta contaminación:

El carbón es eficiente en la eliminación de algunos de los contaminantes típicos que se encuentran en las ciudades, como las gasolinas no quemadas, el ozono, olores diversos, solventes orgánicos y otros. El carbón se aplica en purificadores para la industria, los comercios, las casas y los automóviles.

Purificación de aire y vapores

La adsorción física en medios en fase vapor es más eficaz a baja temperatura y a alta presión. Donde una serie homologa, la eficiencia de la adsorción es directamente proporcional al peso molecular. Por ejemplo, el C_2H_6 se adsorbe más fácilmente que el C_3H_8 , y este último se adsorbe más que el CH_4 .

En estructuras con varios compuestos, hay un proceso de adsorción preferente que consta en los compuestos de alto peso molecular apartan a los de menor peso molecular que ya podrían ser adsorbidos. Además hay un efecto de adsorción preferencial en sistemas que abarcan tanto mezclas

polares como no polares. El CA detiene preferentemente los no polares. Un ejemplo de esto es la recuperación de solventes, en la que un solvente no polar se detiene con mayor eficiencia y más que el vapor de agua presente en la corriente de aire.

Algunas especies solo se adsorben en un bajo nivel, indistintamente de las condiciones de operación. Ejemplos de estas son: NH_3 , SO_2 , SH_2 , vapor de Hg, CH_3I y cianuro de hidrogeno. Un procedimiento para mejorar la adsorción de estos compuestos se puede seleccionar un material que reaccione químicamente con el contaminante, se humecta la superficie del carbón. A la eliminación de un contaminante con este proceso, se le llama quimisorción.

3.8.3. Adsorción en fase: liquido

El carbón activado es el adsorbente más utilizado para separar sustancias, solutos, en una solución o fase líquida. El carbón activado se utiliza en muchos procesos de fabricación para materiales coloidales que generan inconvenientes en la fase líquida. Por lo general, empleando carbón activado, la adsorción de solutos de soluciones muestra las mismas características que la adsorción en fase gaseosa. La adsorción en fase líquida es muy selectiva, se adsorbe el disolvente o se adsorbe el soluto presente, probablemente se adsorberá uno de ellos con preferencia sobre los demás.

El grado de adsorción de una sustancia en fase líquida está relacionado con la interacción interfacial del disolvente. Los carbones activados que tienen un mayor efecto sobre la disolución de la tensión interfacial del disolvente, son los que se adsorben con mayor facilidad y en mayor cantidad. En forma general, cuando es más compleja la molécula a adsorber, mayor es la facilidad con la que es adsorbida sobre el carbón. Las sustancias colorantes suelen estar formadas por moléculas más complejas que la del disolvente, lo que facilita su adsorción por parte del carbón. Así mismo, a igualdad de los demás factores, cuanto mayor es la temperatura en medio de reacción, menor será la capacidad de adsorción; el efecto de la temperatura, sin embargo no es tan marcado como en el caso de la adsorción de gases. La cantidad de material

adsorbido por unidad de masa del carbón activado, depende de la concentración del soluto, a igualdad de los demás factores. Al igual que la adsorción de los gases hay un valor de saturación definido para un carbón activado determinado, bajo una serie de condiciones de ensayo, y, una vez alcanzada esa condición, el aumento en la concentración del soluto no aumentara la cantidad de adsorción. En la práctica, cuando un líquido que contiene impurezas se pone en contacto con el carbón activado, la atracción de este sobre las impurezas, tales como, materias colorantes, olores, sabores, etc.; hasta que alcance un estado de equilibrio después del cual no eliminara ya esas sustancias de dicha solución. Si al llegar a este punto se separa el carbón y el líquido y se introduce aquel en otra cantidad del líquido inicial más oscuro, el carbón adsorberá más impurezas del líquido hasta que se llegue a una condición de equilibrio.

La rapidez con que se eliminan las impurezas de una solución empleando el carbón activado es muy grande durante los primeros momentos del contacto, y gradualmente llega a un punto en el que aumenta el tiempo de contacto no progresa la decoloración. Una de las teorías que trata de explicar el fenómeno de adsorción en fase líquida, a pesar de sus limitaciones de aplicación, es la teoría de Freundlich o la teoría conocida con el nombre de ecuación exponencial, que ha tenido bastante aceptación en la práctica industrial y en forma especial en la adsorción de líquidos.

3.9 Parte experimental

3.9.1. Preparación de carbón activado

La preparación de carbón activado se ha realizado un proceso de carbonización – activación en condiciones controladas, con la finalidad de crear un gran área superficial y una estructura interna del poro define al carbón activado, pero gran parte de sus propiedades depende de las condiciones experimentales durante su preparación.

La creciente demanda de estos ha suscitado la búsqueda de nuevas fuentes de materia prima, de disponibilidad segura y bajo costo, centrándose la atención especialmente en materiales lignocelulósicos por su característica renovable por ejemplo la cascara de coco.

En el presente trabajo, se preparó CA a partir de cuescos de coco, utilizando el procedimiento de activación química. Se unta con un agente químico, ácido fosfórico, el material impregnado se coloca en una mufla a una temperatura de 500°C por una hora.

El procedimiento de la elaboración del compuesto inicial es con la acumulación aleatoria del cuesco de coco,

- Se pesó el cuesco de coco
- Se procedió a secar el cuesco de coco 60°C por 72 hrs para desecar y separar la humedad.
- Después se efectuó una disminución de medida del cuesco de coco se trituro con un molino de martillo. Después se procede a pasarla por un tamiz de malla de 4,0 mm
- Luego se procedió a pesar los cuescos de coco, molidos y secos.

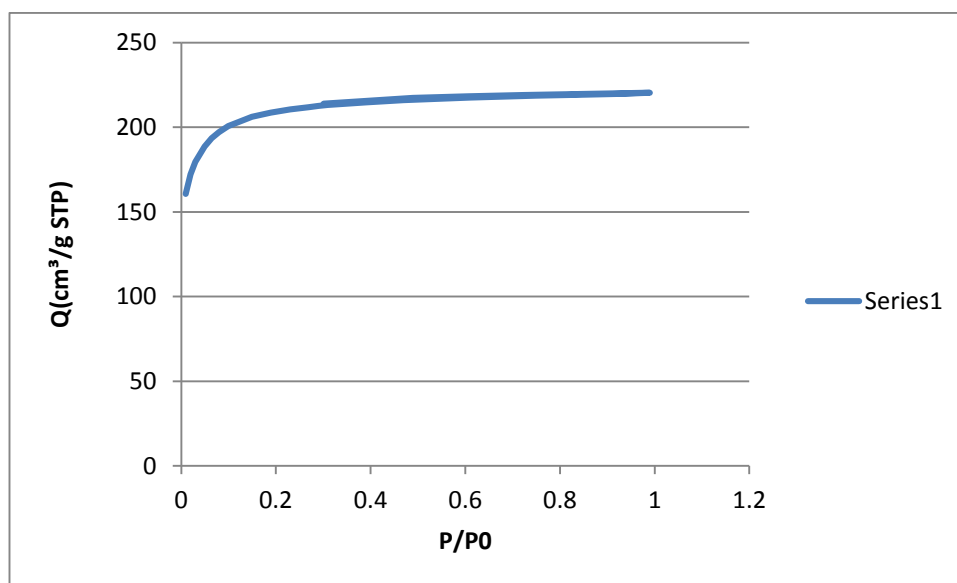
AREAS BET (A_{BET})

En la gráfica se muestra la isoterma de adsorción de N_2 a 77°K del carbón ecuatoriano, observándose una isoterma del tipo I, según la clasificación BDDT esta representa a un sólido micro poroso, en los que la adsorción

tiene lugar a bajas presiones relativas, por el incremento en la energía de adsorción causado por la proximidad de las paredes del poro.

A_{BET} = Área superficial COCO ECUATORIANO

S_{BET} (m^2/g)	7.74879E+02
-----------------------	--------------------



GRAFICA 1 N_2 adsorption-desorption isotherms

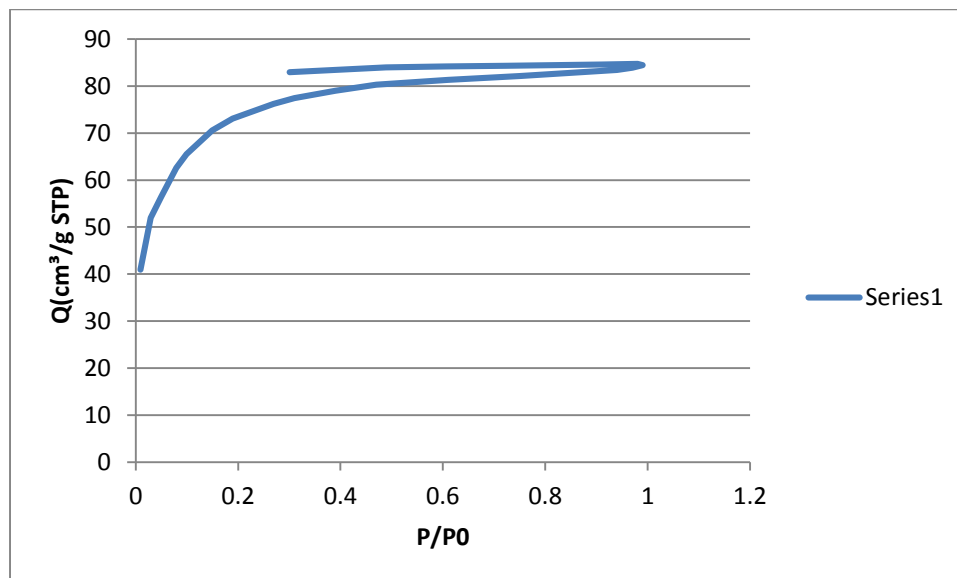
ISOTERMA TIPO I microporosa

P/P_0 : presión de equilibrio

En la gráfica se presenta la isoterma de adsorción de N_2 a 77°K del carbón peruano, observándose una isoterma del tipo I, según la clasificación BDDT esta representa a un sólido micro poroso.

COCO PERUANO

S_{BET} (m^2/g)	2.50776E+02
--------------------------	--------------------



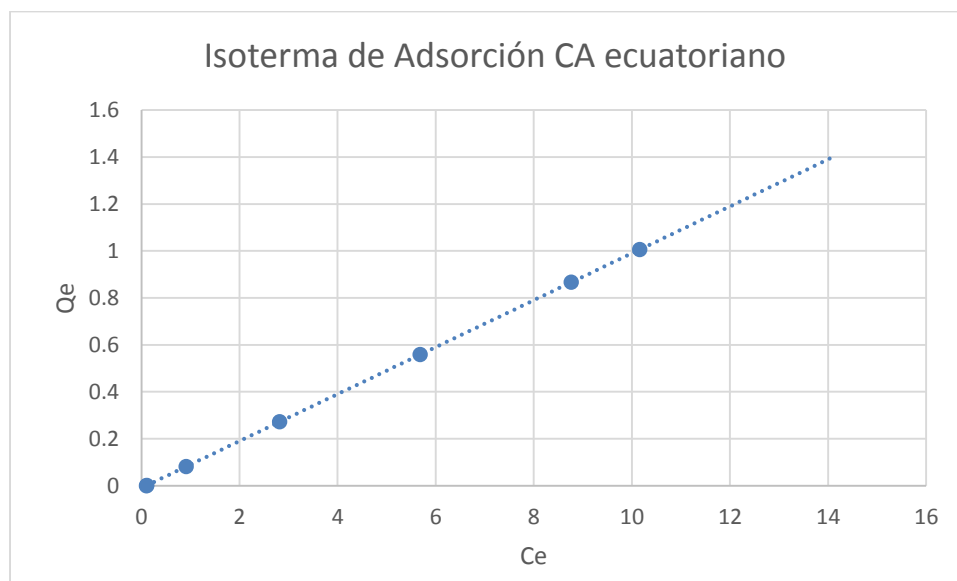
GRAFICA 2 N₂ adsorption-desorption isotherms

Isoterma tipo I con poca mesoporosidad, hysteresis loop tipo H₄ (poros laminares)

ISOTERMAS DE ASORCION

El análisis por adsorción realizadas a las soluciones de Cr^{+6} después de los ensayos se reportaron los resultados mostrados en los gráficos y tablas para el carbón activado ecuatoriano y peruano

COCO ECUATORIANO



GRAFICA 3

Resultados experimentales para la construcción de las isothermas de adsorción de Cr^{+6} sobre el carbón ecuatoriano.

Adsorbente: Carbón activado

Adsorbato: Cr^{+6}

TABLA 9

CARBON ECUATORIANO

ISOTERMA DE LANGMUIR

ISOTERMA DE FREUNDLICH

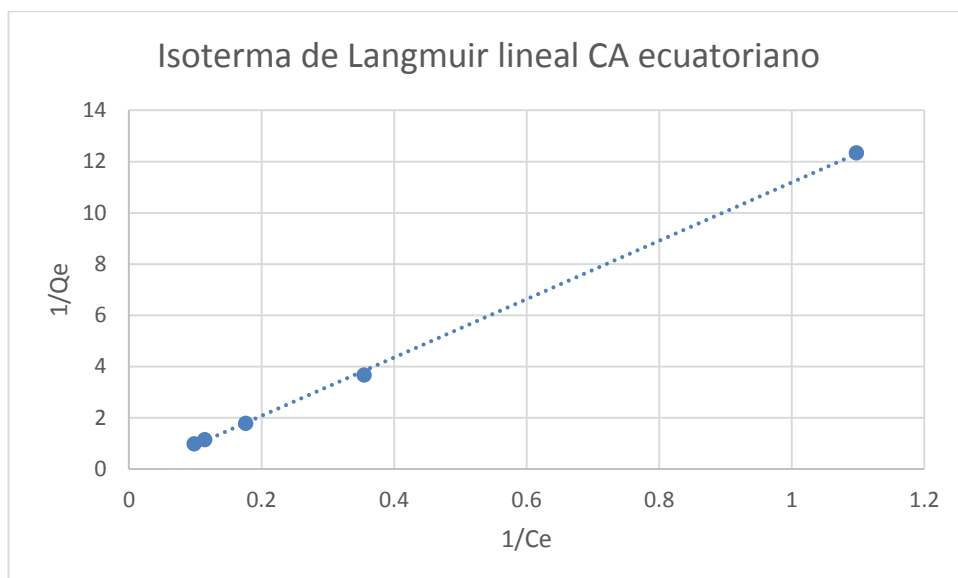
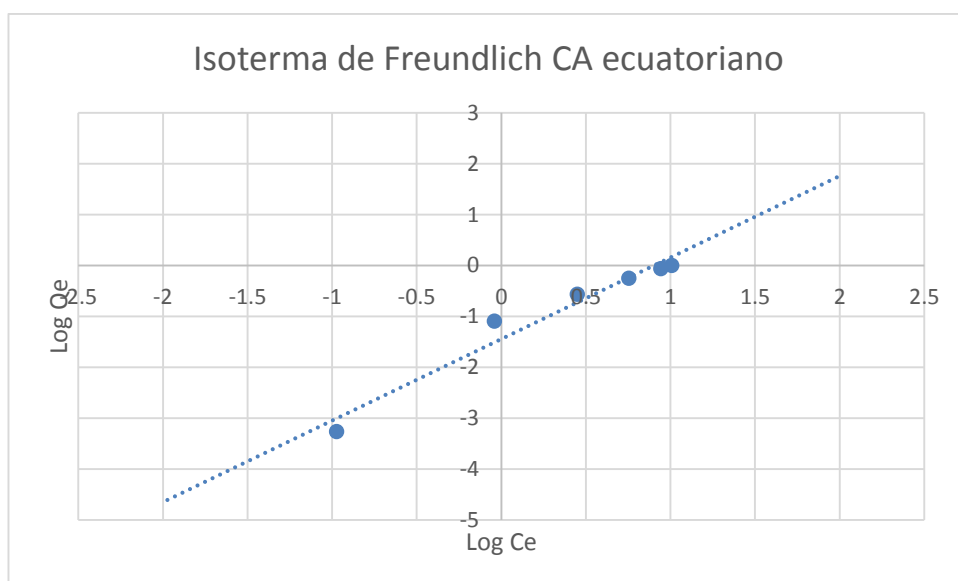
$1/Q_e$	$1/C_e$	$\log C$	$\log Q$	pendiente	intersección del eje
0.9946496	0.09847865	1.0066579	0.0023299	1.6022472	-1.44329218

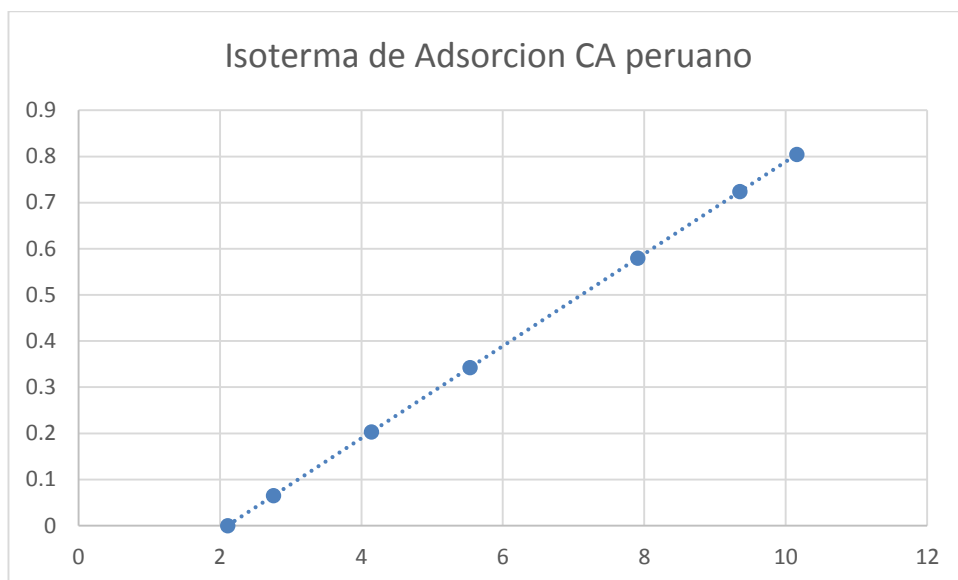
1.1542964	0.114103411	0.9427014	-0.062317	kf	bf
1.7926144	0.176083047	0.7542825	-0.253487	1.6022472	-1.44329218
3.6791019	0.354767363	0.4500563	-0.565742	1/n	
12.342392	1.097803774	-0.040525	-1.091399	0.6241234	
1826.6741	9.419003482	-0.974005	-3.261661		
R ² = 0.995429383			R ² = 0.979558		

Q_e = cantidad de soluto absorbido por unidad de masa de absorbente en mg/g

C_e = concentración final de soluto en a solución tratada en equilibrio en mg/L

ISOTERMA DE LANGMUIR

**GRAFICA 4****ISOTERMA DE FREUNDLICH****GRAFICA 5****COCO PERUANO**

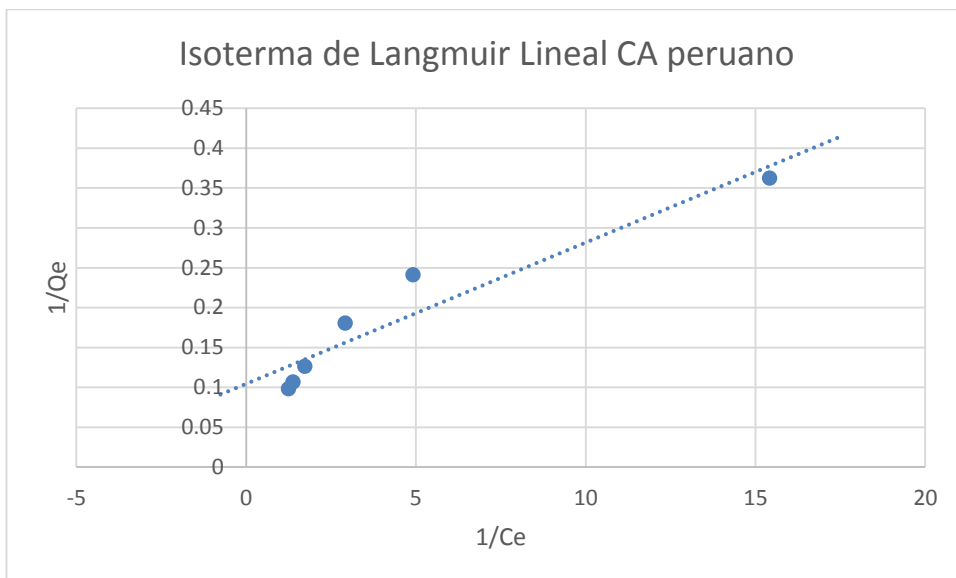
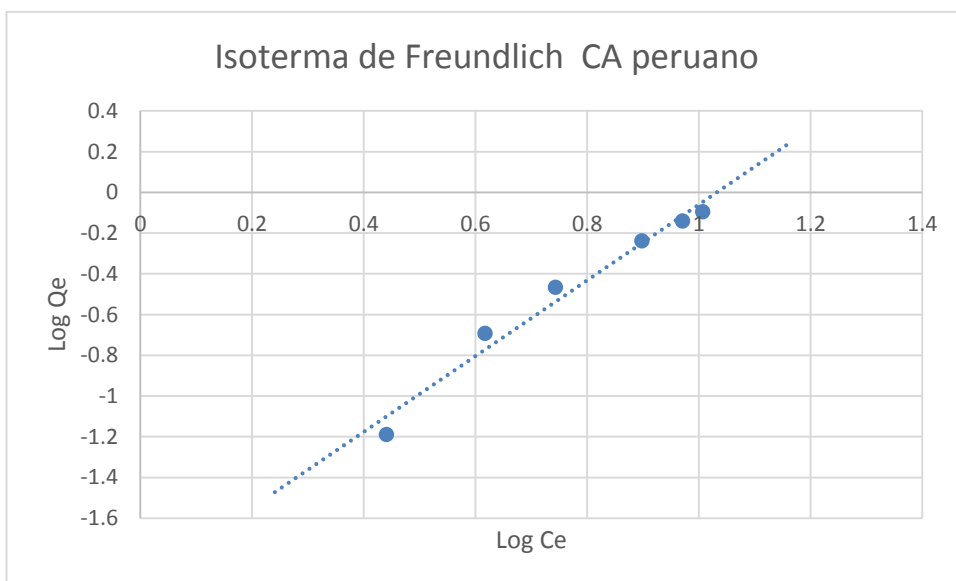
**GRAFICA 6**

Resultados experimentales para la construcción de las isotermas de adsorción de Cr^{+6} sobre el carbón peruano.

TABLA 10**CARBON PERUANO****ISOTERMA DE LANGMUIR****ISOTERMA DE FREUNDLICH**

1/Qe	1/Ce	log C	log Q	pendiente	intersección del eje
1.2430582	0.09847865	1.0066579	0.094491	1.8600259	-1.91920148
1.381228	0.1069548	0.9707997	0.140265	kf	bf
1.7249047	0.126466512	0.8980245	0.236765	1.8600259	-1.91920148
2.9180097	0.180609633	0.7432591	0.465087	1/n	
4.9170231	0.241338324	0.6173737	0.691702	0.5376269	
15.414971	0.362511939	0.4406777	1.187943		
R ² = 0.954058696		R ² = 0.98705			

ISOTERMA DE LANGMUIR

**GRAFICA 7****ISOTERMA DE FREUNDLICH****GRAFICA 8**

Los valores experimentales obtenidos de los ensayos de adsorción fueron correlacionados con el modelo de Freundlich.

$$X/M = K_f C_e^{1/n}$$

La expresión matemática, en forma logarítmica es:

$$\text{Log } (X/M) = \text{Log } K_f + 1/n \text{ Log } C_e$$

Donde X/M o Q_e es la cantidad de soluto adsorbido por unidad de masa de adsorbente, en mg/L y K_f, n son constantes específicas que indican la capacidad e intensidad de adsorción respectivamente.

Se muestran los resultados experimentales en condiciones de equilibrio para la construcción de las isothermas de adsorción de Freundlich, para los carbones preparados, las mismas que son presentadas en las figuras que representan las isothermas de adsorción de Cr^{+6} sobre los carbones preparados. Estas graficas representan la cantidad de Cr^{+6} adsorbida por unidad de masa adsorbente (Q_e) en función de la concentración de Cr^{+6} (C_e).

Se representan los diagramas de Freundlich para la adsorción de Cr^{+6} sobre los carbones preparados. A partir de la ecuación lineal de Freundlich en forma logarítmica es posible obtener los coeficientes específicos K_f , n , y el coeficiente de correlación.

¿Porque se eligió la aplicación de adsorción Cr^{+6} ?

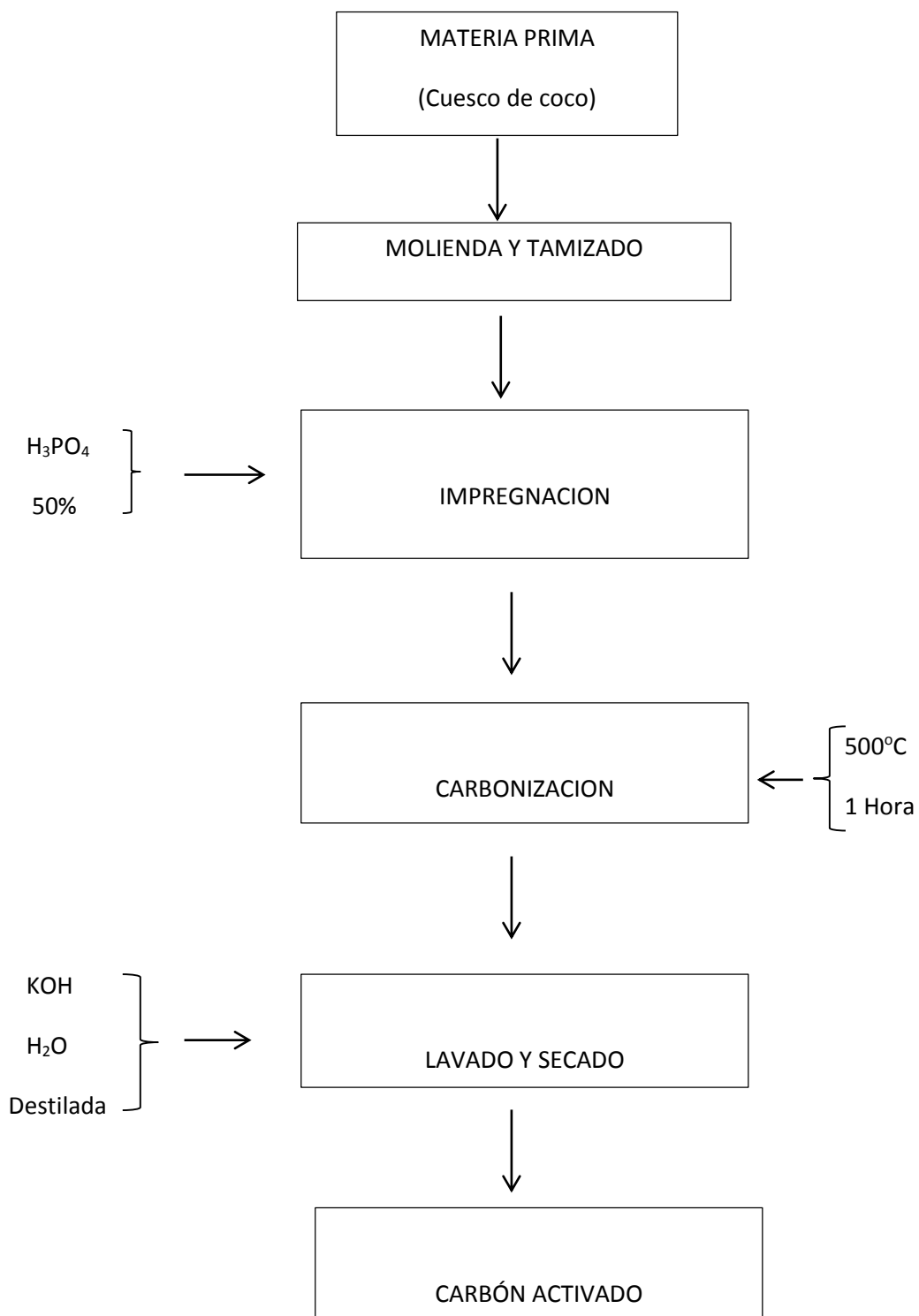
Uno de los materiales que se han estudiado como soporte de biomasa es el carbón activado. Su alta porosidad y su gran superficie específica hacen que sea el material idóneo para que se lleve a cabo el proceso de adsorción de metales pesados. Además, el carbón activado es capaz de fijar compuestos orgánicos presentes muchas veces en aguas residuales (Reyes & Cerino, 2009).

Es por eso la aplicación de esta metodología que se propone para la adsorción de C^{+6} , empleando como biomasa sobrante la cáscara de coco, por su abundante y bajo costo; y su poder adsorbente, estableciéndose así como el mejor agente adsorbente, demostrando así la facultad de adsorción que tiene el adsorbente de analizar, por lo que se recalca no solamente por su eficacia adsorbiendo metales de concentraciones mínimas en aguas residuales, sin duda por la estabilidad y la acción de bajo valor para llevar a cabo la

restauración de los metales pesados y así, afrontar el asunto que se considera el control de los derrames de metales.

Con base en esto, los tratamientos de biosorción son empleados para la remoción de metales pesados, a través de la adsorción de estos y pretende mitigar sus efectos negativos. No es extraño encontrar diversas investigaciones que tengan como objetivo primordial remover el Cr^{+6} ya que su presencia afecta directamente los procesos biológicos, la estabilidad de calidad del agua y principalmente presentan riesgos para la salud humana.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PREPARACION DE CA A PARTIR DEL CUESCO DE COCO



4. RESULTADO Y DISCUSION

Análisis, interpretación y discusión de resultados

El análisis de los datos nos permitirá describir el comportamiento de las propiedades texturales y de adsorción conforme se produce los cambios en las variables independientes, de esta forma podemos dar una información sintetizada de los resultados obtenidos.

El análisis de los datos nos permitirá, a partir de la evidencia experimental, junto con la teoría y los resultados obtenidos por investigadores anteriores una interpretación de los resultados, bajo un marco científico, de tal forma que podamos intentar explicar la relación causa-efecto entre la concentración de las soluciones activadoras, la temperatura de calcinación y las propiedades texturales y de adsorción, primero individualmente y segundo conjuntamente si hubiera esta relación.

Caracterización

La tabla 11 muestra el número de malla y tamaño promedio de partículas de los carbones ecuatoriano y peruano.

TABLA 11 Numero de malla y tamaño promedio de partículas

Carbones preparados	Malla	Tamaño promedio de partículas (mm)
Peruano	80	0,190
Ecuatoriano	60	0,250

El rendimiento de los carbones ecuatoriano y peruano fue de 47% y 51%. Estos resultados se encuentran dentro de lo reportado cuando se trabaja con materiales lignocelulosicos.

Los resultados de BET para el carbón ecuatoriano muestran una isoterma de adsorción con N_2 a 77°K, la que corresponde a una isoterma del tipo I, correspondiente a un sólido microporoso según la clasificación BDDT.

Cabe destacar que el método de activación química con ácido fosfórico y los parámetros de preparación influyeron al desarrollo de la alta área superficial específica. Así mismo, el tiempo de impregnación fue suficiente para que el ácido llegue a la superficie de las fibras de la cáscara de coco induciendo a la formación del área superficial específica, es de mencionar que el área específica y las medidas del poro necesitan del precursor y de las condiciones de activación y calcinación.

Se observa que el tiempo de contacto del carbón preparado a partir de 1 hora hasta mas no evidencia una variación significativa en el porcentaje de adsorción del Cr^{+6} , es por ello que se considera como tiempo óptimo para el proceso de adsorción a las 2 horas, teniendo concordancia con lo reportado por Dinesh Mohan [36], donde obtiene un porcentaje máximo de remoción de Cr^{+6} a las 2 horas.

Los productos de las isotermas de adsorción de Freundlich para los carbones ecuatoriano y peruano frente a soluciones acuosas de Cr^{+6} a pH = 5,4 y pH = 6,1 y temperatura ambiente se representan en las gráficas. Puede observarse que el comportamiento de las curvas de adsorción de los carbones ecuatorianos y peruano, son diferentes, alcanzando su máxima capacidad de adsorción de Cr^{+6}

Se representan los diagramas de Freundlich para la adsorción de Cr^{+6} sobre los carbones preparados. Se observa que los carbones preparados poseen diferentes pendientes ya que el carbón ecuatoriano tiene una mayor intensidad de adsorción. En las tablas se puede observar los coeficientes de correlación de datos experimentales con el modelo de Freundlich que es superior en todo caso, esto indica que el modelo elegido es una buena presentación del proceso de adsorción estudiado.

Variables de las Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

Se trabajó a tres concentraciones: 50, 60 y 85 % en peso, tres tiempos de activación (tiempo de contacto entre la cáscara de coco y el ácido activador): 0,5 , 1,0 , 1,5 y 2,0 horas y se calcinó a 773 K.

Los Resultados se muestran en la Tabla 12 y en la Tabla 13.

Tabla 12. Área superficial (m^2/g) en función de la concentración del ácido activador y el tiempo de activación.

concentración H_3PO_4 %W	tiempo (hr)			
	0,5	1,0	1,5	2,0
50	1700	1600	1410	1200
60	1620	1400	1300	1100
85	1560	1400	1200	1000

Tabla 13. Volumen de poro (ml/g) en función de la concentración del ácido activador y el tiempo de activación.

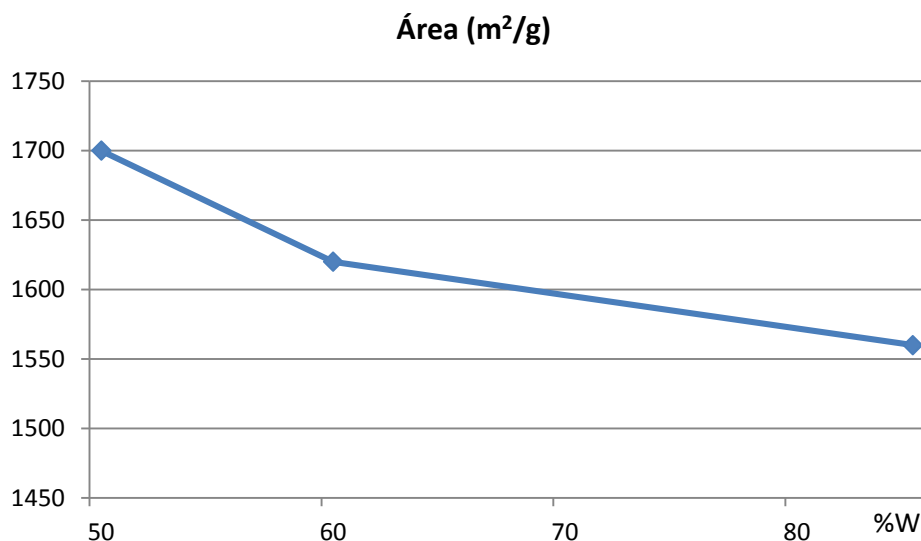
concentración H_3PO_4 %W	tiempo (hr)			
	0,5	1,0	1,5	2,0
50	1,90	1,50	1,50	1,25
60	1,91	1,50	1,40	1,40
85	2,20	1,75	1,75	1,50

Hipótesis 1:

La concentración de la solución activadora y el tiempo de activación en la preparación de CA influyen en la superficie y porosidad de los mismos.

La figura N°..... muestra el área superficial (m^2/g) en función de la concentración del ácido (%W) para un tiempo de impregnación de 0,5 horas.

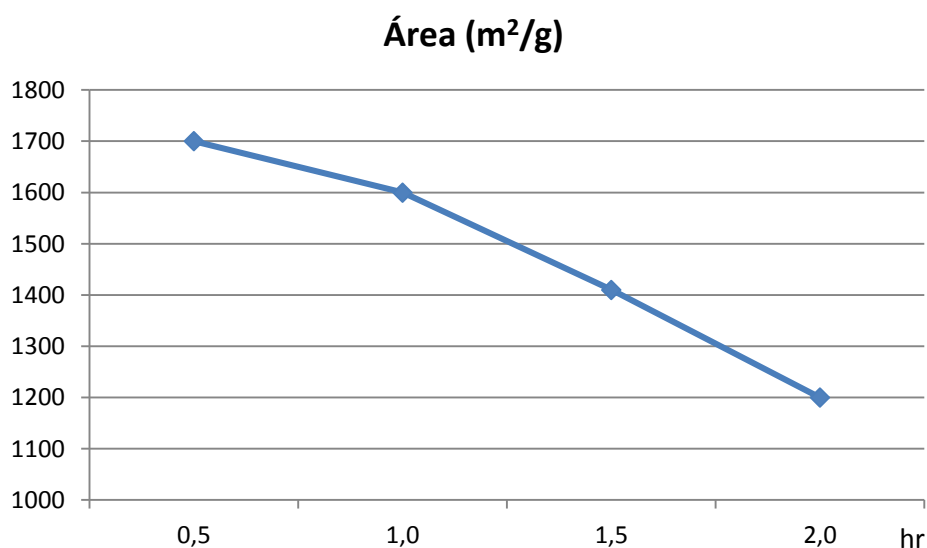
Figura : Área superficial en función de la concentración de ácido



Esta figura es similar a las que obtendríamos con la impregnación del ácido de las mismas concentraciones a diferentes tiempos (1, 1,5 y 2 horas). En ella se observa que a mayor concentración del ácido se obtiene una menor área superficial.

La figura N°..... muestra el área superficial (m²/g) en función del tiempo de impregnación a la concentración del ácido del 50 %W.

Figura : Área superficial en función de la concentración de ácido



Como se observa a mayor tiempo de impregnación disminuye el área superficial del carbón obtenido.

Esto se explica porque las células vegetales que contienen en su exterior una pared celular conformada básicamente por polímeros de carbohidratos como la celulosa, lo que le da rigidez a su estructura. El ácido ataca las partes blandas de la célula que se volatilizan en la calcinación y dejando libre las cavidades que formarán los poros del carbón activado.

Es de esperar que a mayor concentración y/o a mayor tiempo el ataque sea más agresivo pudiendo atacar las delgadas paredes de celulosa por lo que se obtendría poros mayores y por lo tanto menor área.

Este ataque también justifica porque los poros de mayor área, obtenidos a mayor concentración de ácido, dan un volumen de poros mayor.

Hipótesis específica 2:

La temperatura de calcinación influye en la superficie y porosidad de los carbones activados obtenidos.

Durante la producción de carbón activado, es de gran importancia conocer el ciclo térmico (definido por el tiempo y la temperatura) que tiene el material precursor en este caso el cuesco de palma, de acuerdo con este se determinan los parámetros de las pérdidas de masa y la estructura inicial que posea será definitoria en la estructura de sus CA. En el crecimiento de este trabajo se observa la influencia de la temperatura y el tiempo de residencia en la etapa fundamental del proceso de producción de carbón activado.

Se establece como temperatura óptima para la carbonización 773 K (500°C) teniendo en cuenta el porcentaje de carbón activado obtenido expresado en el rendimiento másico del cuesco, ya que a 873 K (600°C) se observa que el rendimiento másico es bajo con respecto a la anterior, lo cual no resulta conveniente a una producción continua, esto es por la elevada temperatura

que ocasiona que la estructura sólida del carbonizado se quema y se genere menos masa útil.

Hipótesis 3:

Las variables mencionadas influyen en la adsorción.

Tenemos como comparación la adsorción realizada en dos tipos de cáscaras de coco, las que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14: Adsorción de cromo en Carbones Activados preparados en base a cocos de diferente procedencia

Tipo de Carbón	Área (m ² /g)	Concentración remanente de Cromo en la solución a los 60 min (ppm)
Peruano	251	5,53
Ecuatoriano	775	2,82

Como se puede observar a mayor área se obtiene una mayor adsorción de cromo. Por lo tanto se concluye que la concentración del ácido, el tiempo de impregnación influye en el área obtenida y por lo tanto en la eficiencia de la adsorción.

Ejemplo para la Obtención del área BET por isoterma de adsorción:

AREAS_{BET}

COCO ECUATORIANO

$S_{BET} \text{ m}^2/\text{g}$ 7,74879E+ 02

COCO PERUANO

$S_{BET} \text{ m}^2/\text{g}$ 2,50776E+ 02

Nº	Q m³/g	P/P₀
1	160,156	0,008565843
2	1,722,448	0,019552389
3	1,795,631,262	0,029543061
4	188,697	0,049473386
5	193,45	0,064425303
6	197,069	0,079406768
7	200,661	0,099542166
8	206,117	0,149590302
9	208,743,366	0,189539458
10	210,585,001	0,229476065
11	2,119,485,885	0,26967651
12	2,125,612,282	0,289704253
13	2,131,291,906	0,309838164
14	2,139,399,473	0,300603867
15	214,005,502	0,349971089
16	2,147,810,012	0,389724731
17	2,160,238,176	0,470106306
18	2,172,877,951	0,488557434
19	2,175,358,006	0,6100221973
20	2,183,345,654	0,605578854
21	21,870,146,846	0,750030759
22	2,191,492,806	0,722732544
23	219,291,363	0,850302204
24	2,198,799,688	0,939964616

Nº	Q m³/g	P/P₀
1	4,093,770,929	64,009251473
2	5,197,400,669	0,029259237
3	5,631,130,376	0,049265846
4	6,255,587,557	0,079260154
5	6,548,483,165	0,099339074
6	7,056,232,837	0,149505766
7	7,356,232,837	0,18945971
8	7,618,068,791	0,269586021
9	7,740,451,278	0,309806302
10	8,028,300,546	0,470117388
11	8,128,583,002	0,610099752
12	8,295,052,343	0,300618222
13	8,211,277,372	0,75016086
14	8,280,077,427	0,850439212
15	8,395,043,208	0,488627946
16	8,344,218,028	0,940096243
17	8,390,765,396	0,970355706
18	841,670,671	0,605615154
19	8,428,147,371	0,722826345
20	8,457,618,652	0,910260411
21	8,428,147,371	0,722826345
22	8,463,759,216	0,9455336352
23	8,445,313,509	0,99036787
24	8,473,247,933	0,980623265

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,99589872
Coeficiente de determinación R²	0,99181426
R² ajustado	0,99144218
Error típico	1,50455305
Observaciones	24

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	6034,06808	6034,06808	2665,60133	1,8667E-24
Residuos	22	49,8009572	2,26367987		
Total	23	6083,86903			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	104,318128	1,99314134	52,33855	1,3859E-24	100,184606	108,45165	100,184606	108,45165
Variable X 1	1,33576332	0,02587211	51,6294618	1,8667E-24	1,28210784	1,3894188	1,28210784	1,3894188

5. Impacto económico de la implementación de una planta para la elaboración de CA preparado a partir del cuesco de coco.

En el presente capítulo se procede a realizar el análisis económico de la posible implementación de una planta para la elaboración de carbón activado a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación respecto a la utilización de la cascara de coco ecuatoriana para la producción de la misma. Esto con el fin sustentar en términos económicos, la viabilidad de la elaboración de CA a partir del uso de los recursos naturales abundantes en el Ecuador, como es la cáscara de coco.

A continuación se procede a detallar las estimaciones de demanda y oferta del carbón activado en el mercado ecuatoriano, así como el balance de demanda y oferta.

Asimismo se detallan los flujos de ingresos, inversión, costos y gastos asociados a la implementación en una planta para la elaboración de CA a partir del cuesco de coco.

5.1 Análisis de la demanda y oferta de carbón activado en el mercado ecuatoriano.

A continuación se procede a determinar una aproximación del balance de demanda y oferta del carbón activado en mercado ecuatoriano en los últimos años. Asimismo se procedió a estimar mencionado balance por los

próximos 10 años, el cual será el horizonte de evaluación para este estudio.

5.1.1 Análisis de la demanda

Demanda histórica

El objetivo de la demanda histórica es conocer el comportamiento del consumo del carbón activado en el mercado ecuatoriano el tiempo pasado, es decir, la demanda del producto en años anteriores.

Para efectos de determinar la demanda en los últimos años del carbón activado en el mercado ecuatoriano, se procedió a incorporar a la producción realizada a nivel nacional de carbón activado, las importaciones realizadas de dicho producto de otros países, con el fin de satisfacer la demanda existente en el mercado.

Al respecto, se tiene conocimiento que existe una única empresa de producción de carbón activado en el Ecuador, la misma que produce aproximadamente 800 toneladas anuales, la cual no logra satisfacer la demanda de dicho producto recurriéndose a la importación de otros países.

Al respecto, según la información obtenida de la base de datos de las Naciones Unidas¹, las importaciones de CA en el Ecuador durante el 2008 y 2017, fueron las siguientes:

Importaciones del Ecuador de carbón activado por los años 2008-2017

Año	Carbón activado (Kg)
2008	595,511
2009	647,600
2010	864,071
2011	722,182
2012	753,327

2013	639,790
2014	736,419
2015	616,879
2016	737,531
2017	483,509

TABLA 16

Considerando la producción nacional de carbón activado señalada anteriormente (800 toneladas), la demanda del carbón activado en el mercado ecuatoriano en mencionado periodo sería el siguiente:

Demanda de carbón activado en el mercado ecuatoriano por los años 2008-2017

Año	Carbón activado (Kg)
2008	1,395,511
2009	1,447,600
2010	1,664,071
2011	1,522,182
2012	1,553,327
2013	1,439,790
2014	1,536,419
2015	1,416,879
2016	1,537,531
2017	1,283,509

TABLA 17

Como se puede observar en el cuadro anterior la demanda de carbón activado en los últimos 10 años en el Ecuador tuvo un comportamiento estándar teniendo una variación promedio de -0.46%.

Demanda proyectada

Considerando que la demanda en los últimos 10 años del carbón activado en el mercado ecuatoriano fue estándar, se consideró apropiado estimar un crecimiento de un 0.1% por los próximos 10 años, en la medida de que se espera un incremento en la demanda de carbón activado en la medida de que la economía vaya creciendo en los próximos 10 años. En este sentido la proyección de la cantidad demandada para el periodo 2018-2028, es el siguiente:

Demanda de carbón activado en el mercado ecuatoriano por los años 2018-2028

Año	Carbón activado (Kg)
2018	1,479,682
2019	1,478,006
2020	1,476,332
2021	1,474,660
2022	1,472,990
2023	1,471,322
2024	1,469,655
2025	1,467,991
2026	1,466,328
2027	1,464,668
2028	1,463,009

TABLA 18

5.1.2 Análisis de la oferta

La oferta existente representa aquel mercado demandante de carbón activado satisfecho por la actual oferta.

Tal como se mencionó anteriormente, solamente una empresa en el Ecuador se dedica a la producción de carbón activado siendo la oferta de la misma aproximadamente de 800,000 kilogramos anuales, la misma que se espera se mantenga constante por los próximos años debido que dicha empresa opera en su capacidad máxima de planta.

5.1.3 Balance demanda oferta

Como se señaló anteriormente, la demanda insatisfecha de carbón activado, se encuentra reflejada principalmente en las importaciones realizadas por dicho producto de otros países debido a la falta de oferta nacional. A continuación se detalla el balance de demanda oferta del carbón activado por los años 2018-2028

Balance demanda oferta de carbón activado en el mercado ecuatoriano por los años 2018-2028

Año	Proyección de la demanda de carbón activado	Proyección de la oferta de carbón activado	Brecha a atender
2018	1,479,682	800,000	679,682
2019	1,478,006	800,000	678,006
2020	1,476,332	800,000	676,332
2021	1,474,660	800,000	674,660
2022	1,472,990	800,000	672,990
2023	1,471,322	800,000	671,322
2024	1,469,655	800,000	669,655
2025	1,467,991	800,000	667,991
2026	1,466,328	800,000	666,328
2027	1,464,668	800,000	664,668
2028	1,463,009	800,000	663,009

TABLA 19

Tal como se puede observar en el cuadro anterior existe una brecha entre la demanda y oferta de carbón activado que podría ser satisfecha a partir de la inversión de una planta de procesamiento de carbón activado.

5.2 Análisis económico de la implementación de una planta de producción de CA a partir del cuesco de coco

Una vez identificada la brecha de demanda oferta del carbón activado en el mercado ecuatoriano que podría ser satisfecha a partir una planta de producción. A continuación se procede a evaluar la viabilidad económica de la implementación de la misma, para lo cual se procede a detallar el flujo de caja económico que se obtendría de la implementación de dicha planta.

5.2.1 Flujo de inversión

El flujo de inversión considera los costos de inversión necesarios para el funcionamiento de la planta de producción de carbón activado, dentro de los cuales se encuentran los activos fijos (maquinarias, terrenos, equipos, entre otros.) intangibles (patentes, permisos, etc.), capital de trabajo y gastos pre operativos.

En este sentido se procedió a estimar el flujo de inversión de la planta de producción de carbón activado correspondiente a los costos de inversión relacionados a la adquisición e instalación de activos fijos, así como el capital de trabajo necesario para el funcionamiento de la misma.

Inversión para la implementación para una planta de producción de carbón activado a partir de la cascara de coco

TABLA 20

Rubro	Costos de inversión (USD)
Costos Directos	USD 121,925
Equipos adquiridos y entregados	USD 41,613
Instalación del equipo adquirido	USD 16,229
Instrumentación y controles (instalados)	USD 5,410
Cañerías y tuberías (instaladas)	USD 12,900
Instalaciones eléctricas (colocadas)	USD 4,161
Obras civiles	USD 12,068
Mejoras del terreno	USD 4,161
Instalaciones de servicio	USD 22,887
Terreno (si es necesario adquirirlo)	USD 2,497
Costos indirectos	USD 21,639

Gastos de construcción	USD 14,148
Honorarios del contratista	USD 7,490
Total costos directos e indirectos de la planta	USD 143,563
Capital de trabajo	USD 21,534.47
Inversión total de capital	USD 165,097.59

Como se puede observar la inversión requerida para la implementación de dicha planta sería de USD 165,098. Siendo el principal componente de la misma los costos asociados a la adquisición de equipos los mismos que se detallan a continuación:

Inversión en equipos para la implementación de una planta de producción de carbón activado a partir de la cascara de coco

Equipo	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Molino de martillos	1	USD 2,680	USD 2,680
Sinfín para alimentación al elevador de cangilones	1	USD 870	USD 870
Elevador de cangilones	1	USD 2,190	USD 2,190
Silo almacenamiento cáscara molida	1	USD 3,540	USD 3,540
Sin fin alimentación al horno	1	USD 1,500	USD 1,500
Horno rotatorio	1	USD 2,700	USD 2,700
Sin fin alimentación descarga del horno y alimentación al enfriador	1	USD 2,500	USD 2,500
Enfriador	1	USD 3,000	USD 3,000
Sin fin alimentación al cernidor	1	USD 2,680	USD 2,680

Cernidor	1	USD 2,630	USD 2,630
Silos almacenamiento carbón activado	2	USD 4,500	USD 9,000
Otros equipos no considerados		25%	USD 8,323
TOTAL			USD 41,613

TABLA 21

5.2.2 Flujo de operación

También conocido como el flujo de caja operativo, detalla los ingresos (proyección por ventas) y egresos (gastos administrativos, costos de producción, pago de impuestos, entre otros) en efectivo que se producen durante la vida útil del proyecto.

Ingresos proyectados

Con el fin de realizar la proyección de los ingresos de la planta de producción de CA a partir del cuesco de coco, se procedió en primer lugar a revisar los principales métodos de proyección de mercado²:

a) Métodos subjetivos

Utilizados principalmente cuando no existen suficientes datos para el desarrollo de una metodología causal o cuando la información histórica no puede aclarar por sí solo el comportamiento futuro esperado de alguna de sus variables. Dentro de estos métodos se encuentran el método Delphi, la investigación de mercado, métodos de los pronósticos visionarios entre otros.

b) Métodos causales:

Basadas en información cuantitativa-histórica, intentan proyectar los ingresos sobre la base de antecedentes históricos, tratando de hallar una relación de causalidad entre variables que permitan determinar la manera más exacta la variable que se desee proyectar. Entre estos métodos se encuentran los modelos de regresión, el modelo econométrico, el método de encuestas de

intenciones de compra y el modelo insumo producto.

c) Métodos de modelos de series de tiempo:

Este modelo se refiere a la medición de valores de una variable a partir de observaciones pasadas de la misma variable, buscando identificar un patrón básico en si comportamiento el cual permita realizar una proyección futura de la variable deseada.

Para efectos de la presente investigación se procedió a estimar la proyección de los ingresos a partir del método causal. En este sentido para la proyección de los ingresos de la planta de producción de carbón activado se consideró el crecimiento de la demanda del carbón activado en el mercado ecuatoriano así como un estimado de la participación de mercado que se obtendría en un horizonte de 10 años.

Demanda efectiva del carbón activado producido por la planta de producción por los años 2019 - 2028

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda Potencial	1,478,006	1,476,332	1,474,660	1,472,990	1,471,322	1,469,655	1,467,991	1,466,328	1,464,668	1,463,009
Porcentaje de participación en el mercado	10.00%	15.00%	18.00%	20.00%	22.00%	24.00%	26.00%	28.00%	29.00%	30.00%
Demanda efectiva	147,801	221,450	265,439	294,598	323,691	352,717	381,678	410,572	424,754	438,903

TABLA 22

Asimismo, en relación al precio, se pudo observar que a febrero del 2018 el precio del carbón activado importado era de aproximadamente de USD 3.36 por kilogramo, sobre la misma se procedió a estimar los precios por el horizonte de la presente investigación ajustados por la tasa de inflación así como una rebaja en el precio del mismo con el fin de poder obtener una mayor participación en el mercado de CA ecuatoriano, dado que según lo propuesto en la presente investigación, el uso del cuesco de coco ecuatoriano en la producción de carbón activado permitiría una reducción en los costos de producción y por ende vender dicho producto mucho más competitivo, es decir, a un precio menor al precio de importación.

Precio de comercialización del carbón activado por los años 2019 - 2028

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precio de mercado	USD 3.41	USD 3.46	USD 3.51	USD 3.57	USD 3.64	USD 3.70	USD 3.77	USD 3.83	USD 3.90	USD 3.97
Porcentaje del precio de mercado	90%	91%	92%	93.00%	94%	95%	96%	97%	99%	100%
Precio de comercialización	USD 3.07	USD 3.15	USD 3.23	USD 3.32	USD 3.42	USD 3.52	USD 3.62	USD 3.72	USD 3.86	USD 3.97

TABLA 23

Una vez estimados la demanda efectiva y los precios de comercialización se procedió calcular los ingresos que obtendría la planta de producción de CA. El mismo que se detalla a continuación:

Ingresos obtenido producto de la comercialización de carbón activado por los años 2019 - 2028

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Demanda Efectiva	147,801	221,450	265,439	294,598	323,691	352,717	381,678	410,572	424,754	438,903
Precio de comercialización	USD 3.07	USD 3.15	USD 3.23	USD 3.32	USD 3.42	USD 3.52	USD 3.62	USD 3.72	USD 3.86	USD 3.97
Ingresos	USD 453,023	USD 696,780	USD 858,299	USD 979,175	USD 1,106,656	USD 1,240,257	USD 1,380,182	USD 1,526,639	USD 1,640,418	USD 1,742,438

TABLA 24

Egresos proyectados

Con el fin de proyectar los egresos de la planta de producción de carbón activado se procedió a estimar los costos de producción y gastos de ventas y administrativos asociados a la producción y comercialización de carbón activado durante el periodo 2019-2028.

Para tal fin se estima que el costo de producción de 1 kilogramo de CA a partir del cueco de coco ecuatoriano es de USD 2.86. Asimismo los costos de mantenimiento y reparaciones de equipos corresponderían al 6% de la inversión en capital de trabajo, mientras que los suministros corresponderían al 15% del costo de mantenimiento y reparaciones.

Por otro lado, los gastos de ventas y administrativos corresponderían al 2% de las ganancias generadas por la venta de carbón activado. Obteniéndose los siguientes egresos proyectados:

Egresos producto de la comercialización de carbón activado por los años 2019 - 2028

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Costos de producción	-USD 428,005	-USD 651,066	-USD 793,271	-USD 895,258	-USD 1,001,050	-USD 1,110,092	-USD 1,222,464	-USD 1,338,245	-USD 1,408,933	-USD 1,481,591
Costo de mantenimiento	-USD 8,731	-USD 8,864	-USD 9,010	-USD 9,162	-USD 9,324	-USD 9,489	-USD 9,657	-USD 9,827	-USD 10,001	-USD 10,178
Suministros	-USD 1,310	-USD 1,330	-USD 1,352	-USD 1,374	-USD 1,399	-USD 1,423	-USD 1,448	-USD 1,474	-USD 1,500	-USD 1,527
Gastos de ventas y administrativos	-USD 9,060	-USD 13,936	-USD 17,166	-USD 19,583	-USD 22,133	-USD 24,805	-USD 27,604	-USD 30,533	-USD 32,808	-USD 34,849
Egresos	-USD 447,106	-USD 675,196	-USD 820,799	-USD 925,378	-USD 1,033,906	-USD 1,145,810	-USD 1,261,172	-USD 1,380,079	-USD 1,453,242	-USD 1,528,144

TABLA 25

5.2.3 Flujo de liquidación

Considerando que el flujo de liquidación considera las entradas en efectivo al momento de la culminación del horizonte del proyecto y tomando en cuenta que las inversiones en la planta de producción corresponden además de las inversiones en equipos, a terrenos instalaciones y otros. Se estima que en un periodo de 10 años se obtenga producto de la liquidación un ingreso equivalente al 10% de la inversión inicial, así como la recuperación del capital de trabajo.

5.2.4 Flujo de caja económico

Una vez calculado el flujo de inversión, el flujo operativo y el flujo de liquidación se procedió a estimar el flujo económico de la planta de producción de carbón activado en la medida de que este será el flujo utilizado para la evaluación de su viabilidad económica:

Flujo de caja económico para la comercialización de carbón activado por los años 2019 - 2028

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Liquidación
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
Ingresos		USD 453,023	USD 696,780	USD 858,299	USD 979,175	USD 1,106,656	USD 1,240,257	USD 1,380,182	USD 1,526,639	USD 1,640,418	USD 1,742,438	
Inversión y Liquidación	-USD 143,563											USD 14,356
Capital de trabajo	-USD 21,534											USD 21,534
Costos y gastos		-USD 447,106	-USD 675,196	-USD 820,799	-USD 925,378	-USD 1,033,906	-USD 1,145,810	-USD 1,261,172	-USD 1,380,079	-USD 1,453,242	-USD 1,528,144	
Pago de IVA		USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	-USD 2,834	-USD 10,119	-USD 12,751	-USD 15,703	-USD 20,055	-USD 22,960	-USD 3,845
Impuesto a la renta		-USD 392	-USD 3,889	-USD 7,442	-USD 11,079	-USD 15,310	-USD 20,153	-USD 25,636	-USD 31,785	-USD 40,851	-USD 46,905	
Flujo de caja económico	-USD 165,098	USD 5,525	USD 17,695	USD 30,058	USD 42,717	USD 54,606	USD 64,175	USD 80,623	USD 99,072	USD 126,270	USD 144,429	USD 32,045

TABLA 26

5.2.5 Indicadores de rentabilidad

Con el fin de evaluar el impacto económico de la presente investigación, es necesario contar con indicadores o índices de rentabilidad que nos permitan determinar si la implementación de una planta de producción de carbón activado a partir de la cascara de coco ecuatoriano sería rentable o no bajo la metodología propuesta en la presente investigación. En este contexto, los indicadores principalmente utilizados para la evaluación de los proyectos son:

Valor Actual Neto (VAN)

El VAN, es el valor actual de los beneficios netos que genera el proyecto a lo largo de su vida útil, descontados a la tasa de interés que refleja el costo de oportunidad del inversionista (COK), es decir, la rentabilidad efectiva de la mejor alternativa especulativa de igual riesgo. En este sentido el VAN mide, en monedas de hoy, la rentabilidad del inversionista si realiza el proyecto en vez de colocar su dinero en la actividad que le brinda como rentabilidad la tasa de descuento. La fórmula de cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

Donde Fn es el flujo de caja, i es el costo de oportunidad del capital (COK) y n la vida útil del proyecto.

Para determinar el costo de oportunidad de capital apropiado para la aplicación del VAN, se aplicó la metodología del Costo de Capital Promedio Ponderado obteniéndose una tasa de descuento de 11.71%.

Considerando los flujos económicos y el COK se procedió al cálculo del VAN con el fin de determinar si sería rentable o no implementar una planta de producción de carbón activado bajo la metodología propuesta en la presente investigación, obteniéndose el siguiente resultado:

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Flujo de caja económico	-USD 165,098	USD 5,525	USD 17,695	USD 30,058	USD 42,717	USD 54,606	USD 64,175	USD 80,623	USD 99,072	USD 126,270	USD 144,429
Valor de liquidación											USD 32,045
FCE	-USD 165,098	USD 5,525	USD 17,695	USD 30,058	USD 42,717	USD 54,606	USD 64,175	USD 80,623	USD 99,072	USD 126,270	USD 176,475

COK	11.71%
------------	--------

VAN	USD 150,360
------------	-------------

TABLA 27

Considerando que el VAN obtenido en el presente análisis es mayor a 0 se podría indicar que la implementación de una planta de elaboración de CA a partir del cuesco de coco sería rentable en la medida de que genera una rentabilidad adicional a la esperada con el costo de oportunidad de capital. Asimismo, este resultado refuerza lo señalado en la justificación de la presente investigación en la medida de que la utilización del cuesco de coco ecuatoriano para la producción de carbón activado permite aprovechar los recursos abundantes con los que se cuenta, reducir los costos de producción, poder comercializar el carbón activado a precios más competitivos y generar rentabilidad a las empresas nacionales que se dediquen a la fabricación de dicho producto a partir de la cáscara de coco ecuatoriano.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en un proyecto, el mismo que sería de un 23% en el caso de una planta de producción de CA a partir del cuesco de coco ecuatoriano.

En este sentido si la TIR es mayor al costo de oportunidad del capital, se entenderá que el rendimiento de este sobre el capital que el proyecto genera es superior al mínimo aceptable para la realización de un proyecto. Entonces, el proyecto debería ser aceptado.

Considerando que la TIR de la planta de producción de CA a partir del cuesco de coco (23%) sería mayor al COK (11.71%), se podría determinar que la implementación de dicha planta sería rentable, llegando a las mismas conclusiones.

CONCLUSIONES

La cáscara de coco resulto ser un material lignocelulosico adecuado para la preparación de carbones activados de alta área superficial, mediante activación química con ácido fosfórico.

Los rendimientos de los carbones ecuatoriano y peruano fueron 51% y 47% y se encuentran dentro de lo esperado cuando se trabaja con material lignocelulosicos.

La granulometría con la que se trabajó el material lignocelulosico (cáscara de coco) no afecto a las propiedades de los carbones ecuatoriano y peruano.

La caracterización textural mediante la técnica de BET para el carbón ecuatoriano muestra una isoterma del tipo I, que representa a un sólido microporoso.

De la aplicación del modelo de Bet se tiene un área superficial específica, un volumen y un diámetro de los poros.

De los resultados de las isotermas de adsorción de Freundlich se obtiene una máxima capacidad de adsorción de Cr^{+6} para el carbón ecuatoriano y para el carbón peruano una baja capacidad de adsorción. Estos resultados obtenidos muestran la capacidad de adsorción por ambos carbones, preparados en este trabajo.

Del modelo de Freundlich se observa que los coeficientes de correlación fueron diferentes en ambos casos, esto indica que el proceso elegido es una buena presentación del proceso de adsorción estudiado.

Los resultados obtenidos demuestran que se puede preparar carbón activado a partir de un material lignocelulosico de bajo costo y emplearlo en la remoción de Cr^{+6} .

El proyecto muestra que existe un potencial en el país para la fabricación de carbón activado de buena calidad, aplicable a una gran cantidad de industrias,

principalmente en el tratamiento de aguas residuales, es un planteamiento atractivo y factible si se estudia con precaución los valores de capital por lo cual debe haber algún tipo de estímulo por parte del estado para el progreso empresarial en diferentes zonas del país.

Este análisis admite que la existencia de la materia prima será suministrada por el diseño de la planta procesadora primeramente referida, siendo la única manera de asegurar el elevado volumen de materia prima y el bajo valor. Un aumento importante del precio de la materia prima podría hacer del diseño de la planta factible. Sin embargo, a partir de las tácticas sugeridas se busca producir grandes probabilidades de comercio, a través de tratados y de una mano de obra competente, así como la presencia de profesionales expertos.

RECOMENDACIONES

Preparar carbones activados variando los parámetros de preparación para obtener carbones activados con diferentes propiedades y realizar estudios de adsorción con Cr^{+6} .

Realizar estudios comparativos modificando el pH de la solución de Cr^{+6} en los ensayos de adsorción con los carbones preparados.

Estudiar la capacidad de adsorción de los carbones activados preparados frente a otros iones metálicos, los cuales presentan efectos nocivos cuando su concentración excede los límites máximos permisibles en agua.

VI BIBLIOGRAFIA

- [1] Martín Martínez, José Miguel “Adsorción física de gases y vapores por carbones- Cap 4. 4. Porosidad de carbones I Distribuciones de tamaños de poros Histeresis a baja presión”
- [2] http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/4291/6/adsorcion_fisica_4.pdf
(consultada el 18 de marzo de 2016).
- [3] “El carbón activado y sus propiedades”.
tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/Capitulo1.pdf
- [4] <http://www.chemvironcarbon.com/es/carbon-activo/historia-del-carbon-activo> (consultada el 26 de mayo de 2017).
- [5] Peña K., Giraldo L., Moreno J.C. Rev. Colomb. Quím., 2012, 41(2): 311-323
- [6] Anexo I: Espectroscopía UV-vis <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/quimica-ii/practicas-1/PR-F-Anexos.pdf>
- [7] Ospina-Guarín V., Buitrago-Sierra R., López-López D. Tecno Lógicas Vol. 17, No. 32, pp. 75-84
- [8] “Bastidas M., Buelvas L., Márquez M., Rodríguez K. Inf. Tecnol. Vol 21(3) 87-96 (2010)
- [9] Alexander Gomez, Wolfgang Klose, 2010, Kassel University press GmbH, Kassel 44- 51
- [10] “Gregg S. J., Sing K. S. W., (1969) Adsorption, Surface Area and Porosity”, Academic Press, London and New York
- [11] “Mellmann, Jochen, Specht, Eckelard, y Liu, Xiayuan, (2004) “Prediction of rolling bed motion in rotating cylinders”, AIChE Journal, 50 119, 2783.

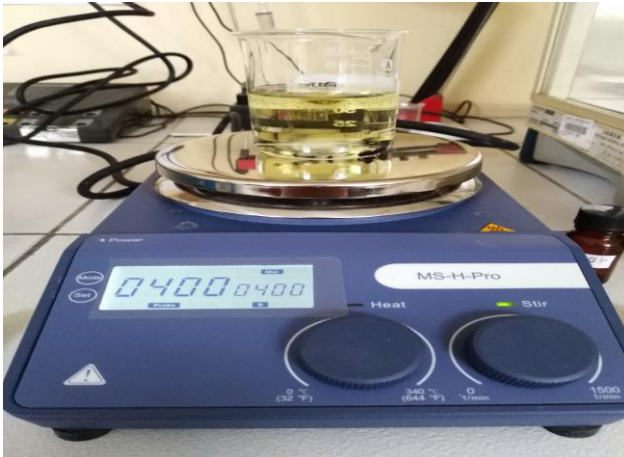
- [12] “[http://www.cofupro.org.mx/ 04.documento/ bases/ pennitt/ penit118.pdf](http://www.cofupro.org.mx/04.documento/bases/pennitt/penit118.pdf) (Consultada el 10 de enero del 2015).
- [13] “[http://www.sagarpa.gob.mx/ subagri/desarrolloagricola/ FAO/ 2001/ nac/ PPCO.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/desarrolloagricola/FAO/2001/nac/PPCO.pdf) (Consultada el 10 de Febrero del 2015).
- [14] “[http://www.sagarpa.gob.mx/ subagri/desarrolloagricola/ FAO/ 2001/ nac/ PPCO.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/desarrolloagricola/FAO/2001/nac/PPCO.pdf) (Consultada el 13 de enero del 2015).
- [15] “<http://www.soyentrepreneur.com> (Consultada el 11 de julio de 2015).
- [16] <http://es.wikipedia.org> (Consultada el 11 de Julio de 2015)
- [17] “[http://www.oviedo.es/ personales/ carb%C3%B3n/ activo/ impqcatex.htm](http://www.oviedo.es/personales/carb%C3%B3n/activo/impqcatex.htm) (consultada el 16 de febrero de 2016).
- [18] “Kirk–Othmer’s Encyclopedia of Chemical Technology (1992), 4a Edición, vol.4 John Wiley, New York.
- [19] “Ortiz, Oscar O., Suarez, Graciela I., y Nelson, Aros, (2005) Dynamic simulation of a pilot rotary kiln for charcoal activation”, Computers and Chemical Engineering, 29 1837.
- [20] “Reinoso, Francisco, (2005) Carbón activado: estructura, preparación y aplicaciones”, Revista Uniandes, Colombia, 66–69.
- [21] “Robau Sánchez, A. J., (2006) Síntesis de Tamices Moleculares de carbón a partir de materiales lignocelulósicos, Tesis de Doctorado, CBI, UAM-A, México.
- [22] “Gregg S. J., Sing K. S. W., (1969) Adsorption, Surface Area and Porosity, Academic Press, London and New York.
- [23] “Mellmann, Jochen, Specht, Eckelard, y Liu, Xiayuan, (2004) Prediction of rolling bed motion in rotating cylinders, AIChE Journal, 50 119, 2783.
- [24] “J. PÉREZ y et al. Factibilidad de producción de carbón activado por proceso auto térmico con carbones colombianos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, COLCIENCIAS., 2003.

- [25] https://www.academia.edu/8071614/Carb%C3%B3n_Activado._Estudio_Preliminar_situaci%C3%B3n_en_el_Per%C3%BA (consultada el 20 de febrero de 2017).
- [26] “FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN. Dr. Pablo Guadarrama González. Académico Titular de la Academia de Ciencias de Cuba. DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
- [27] http://www.archivochile.com/Ideas_Autores/guadarramapg/guadarramapg00012.pdf 1-10-2017 pg 1-3-5-7
- [28] “http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf 1-10-2017
- [29] <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Memoria-Congreso-2017/trabajos-areas-convergentes/medio-ambiente/6.pdf>
- [30] <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1137/1/MEJIA%20GUTI%C3%89RREZ%20EST%C3%89FANY%20DAYANA.pdf>
- [31] <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2257/1/UPSE-TAA-2015-008.pdf> pg 4-5-6 2017
- [32] <http://www.revistalideres.ec/lideres/esmeraldas-concentra-palma-coco-negocios.html> (producción de coco en ecuador)
- [33] “Arana, L. 1987. Obtención de carbón activado a partir de cáscara de coco (Cocos nucífera) por el método de la activación química, Tesis (Ing. Industrias Alimentarias), Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 133p.
- [34] “American Society for Testing and Materials -ASTM. 1981. Standard Recommended Practice for Liquid Phase Evaluation of Active Charcoal. 22-26p.
- [35] “Bejar, A; Reyes, A 2005. Síntesis y Caracterización de Carbones Activado Desarrollados a Partir de Residuos Maderables Con Control de las Condiciones de Activación, Tesis (Ing. Industrial), San Nicolás Hidalgo, Michoacán, México Universidad Michoacana de México. 220p.}

- [36] "Franke, G.: *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen*. Stuttgart: UTB, 1994
- [37] Dinesh Mohan, Singh Kunwarp, Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth J. Hazrd Mater. 135(1- 3), 2005:280 – 295
- [38] United Nations Conference on Trade and Development Statistics (<http://unctadstat.unctad.org/EN/>)
- [39] Propiedades adsorbtivas de un carbón activado y determinación de la <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X18300879>

ANEXOS

ANEXO 1



AGITADOR MAGNÉTICO CON CALEFACCIÓN MS-H-PRO SILOGEX

Características:

Rango de temperatura: Ambiente - 340 ° C

Precisión del control de temperatura: ± 1 ° C

Precisión de indicación de temperatura: $\pm 0,1$ ° C

Velocidad de calentamiento (1 litro de agua): 6K / min

Sensor de temperatura de la posición adicional: PT1000 (se vende por separado)

Precisión del control de temperatura con el sensor PT1000: $\pm 0,2$ ° C

Rango de velocidad: 100-1500rpm

Resolución de visualización de la velocidad: 1rpm

La agitación de la capacidad (agua):20L

Velocidad de visualización / Calor: LCD (retroiluminado)

Tipo de motor: motor sin escobillas del rotor exterior

diámetro de la placa de calefacción: 5.3 "

Material de la placa: Esmalte de porcelana

Dimensiones: 11 "L x 6.3" W x 3 "H

Peso: 6 libras

Voltaje: 110 voltios, 60 Hz, 450 W

Clase de protección: DIN EN 60529 IP42

PC control Sí

ANEXO 2

TAMIZADORA ANALÍTICA AS 200 TAP



La AS 200 tap está diseñada especialmente para el tamizado de productos como carbón, abrasivos, cemento, especias y diamantes.

Características

Aplicación: separación, fraccionamiento, determinación de tamaño de grano

Campos de aplicación: agricultura, alimentos, biología, geología / metalurgia, ingeniería / electrónica, materiales de construcción, medicina / farmacia, medio ambiente / reciclaje, química / plásticos, vidrio / cerámica

Tipo de material: polvos, materiales a granel

Rango de medida: 20 μm - 25 mm

Movimiento del producto a tamizar: movimiento circular horizontal con golpes

Máxima capacidad de dosificación / alimentación: 3 kg

Máximo número de fracciones: 7 / 13

Velocidad: 280 min^{-1}

Numero de golpes: 150 min^{-1}

Indicación de tiempos: digital, 1 – 99 min

Adecuada para tamizado en seco: Si

Interfaz serie: Si

Diámetros de tamices apropiados: 200 mm/203 mm (8")

Alimentación de red: Monofásica

ANEXO 3

THERMO ELECTRON HELIOS B ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS #B1



MPN: Does Not Apply

Marca: Thermo Electron

Modelo: Helios B

Tipo: Spectrophotometer

UPC: Does not apply

ANEXO 4

pH 700 pH/mVoC/oF Bench Meter



8. SPECIFICATIONS

pH Range	0.00 to 14.00 pH
Resolution	0.01 pH
Accuracy	± 0.01 pH + 1 count
Calibration Points	Up to 5 points with Auto-buffer recognition
Buffer Options	USA : pH 1.68, 4.01, 7.00, 10.01, 12.45 NIST: pH 1.68, 4.01, 6.86, 9.18, 12.45
Slope Display	Yes (with offset)
mV Range	± 2000 mV
Resolution	0.1 mV (± 199.9 mV), 1 mV beyond ± 200 mV
Accuracy	± 0.2 mV (± 199.9 mV), ± 2 mV beyond ± 200 mV
Offset Adjustment	Up to ± 150 mV
Temperature Range	0.0 to 100.0 °C / 32.0 to 212.0 °F
Resolution	0.1 °C / °F
Accuracy	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ / $\pm 0.9^{\circ}\text{F}$
Compensation	Automatic or Manual (0 to 100 °C / 32 to 212 °F)
Calibration	Offset in 0.1 ° increments; Offset range: $\pm 5^{\circ}\text{C}$ / 9°F
Ion Range	0.01 to 2000 ppm
Resolution (ppm)	0.01 (<1); 0.1 (1.0 to 199.9); 1 (>200)
Accuracy	$\pm 0.5\%$ FS (mono-valent) $\pm 1.0\%$ FS (di-valent)
Calibration Points	From 2 to 5 consecutive points; 0.1, 1.0, 10.0, 100.0 or 1000.0 ppm
Slope Range	15 mV/decade to 90 mV/decade
Memory	100 data sets
Inputs	BNC, ATC, Reference (Half-cell)
Power	AC/DC 9V, 6W Adapter (100/240 VAC, 50-60Hz)

ANEXO 5



TRITURADORA DE LA TABLETA FITZ MOLINO Descripción general

Tipo: Pulverizador

Marca: LC

Número de Modelo: GFS

Voltaje: 220 ~ 450

Energía (W): 5KW

Dimensión (L*W*H): 1.8*1.2*1.5

Peso: 500 kg

Certificación: ISO

Energía (W): 5KW

Dimensión (L*W*H): 1.8*1.2*1.5

Peso: 500 kg

Certificación: ISO

Hecho de: Acero inoxidable

Parámetros técnicos

Modelo	<u>GFSJ-8</u>	<u>GFSJ-16</u>	<u>GFSJ-18</u>	<u>GFSJ-32</u>
Capacidad (kg/h)	10-100	50-300	60-400	100-550
Delicadeza del producto (malla)	12-120	12-120	12-120	12-120
Potencia (kW)	3	7.5	7.5	11
Cambio de velocidad (R/min)	2350-4360	1000-2400-4400	1000-24000-4400	1000-2400-4400
Dimensión total (MM) (mm)	1050 ×600×1600	1100 ×860×1520	1000 ×1300×1600	1280 ×950×1600
Peso (kg)	150	250	320	320

ANEXO 6

HORNO DE MUFLA L, NABERTHERM



CARACTERISTICAS

Horno de mufla para uso diario en el laboratorio

Carcasa de doble pared para favorecer la estabilidad y una temperatura exterior baja

Placas de calefacción de cerámica con elemento calefactor incorporado, fácil de sustituir

Carcasa de acero inoxidable estructural de alta calidad

Entrada de aire ajustable integrada en la puerta

Salida de aire residual en la pared trasera del horno (ventilación vertical, rejillas con ventilador o catalizador opcionales)

Disponibles con dos controladores:

B 170: Controlador PID con función de rampa ajustable, temperatura de retención y tiempo de retención

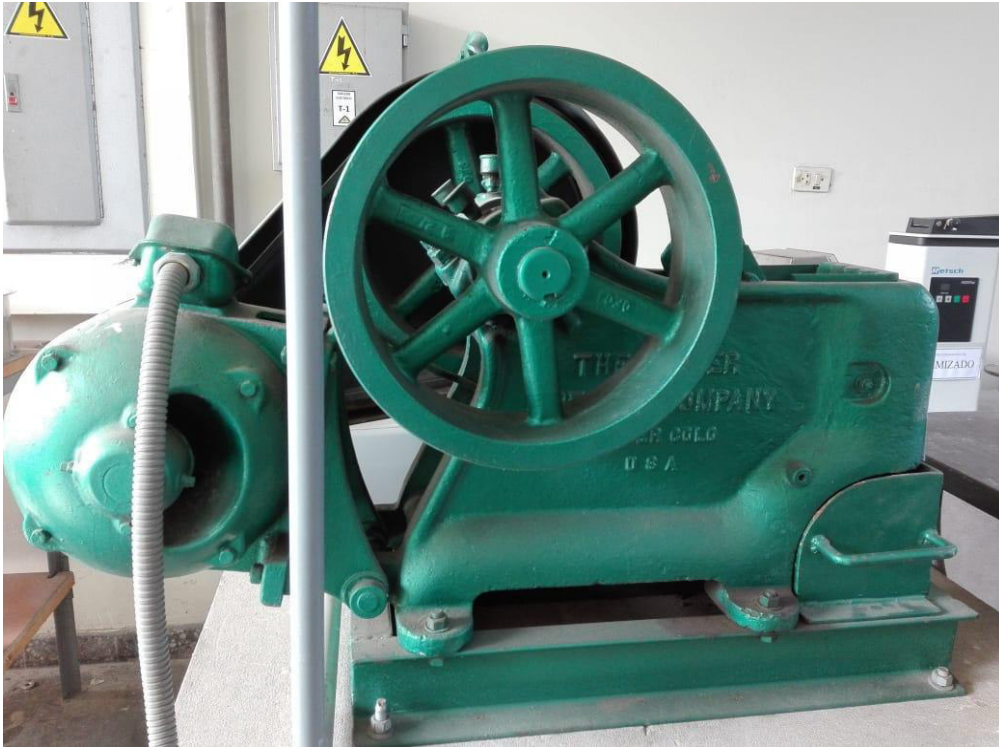
P 320: con 9 programas, 16 tramos por programa y temporizador

Comentario: los modelos L24 y L40 requieren tensión trifásica

Modelo con regulador B 170

Código	Tipo	Rango de temp. (°C)	Salida (kW)	Capacidad (L)	Dimensiones internas (mm)	Dimensiones externas (mm)	Cantidad
20444556134	L9/11	1100	3,0	9	230x240x170	480x550x570	1
20444556010	L40/12	1200	6,0	40	320x490x250	600x790x650	1

ANEXO 7



PRINCIPALES PARTES DE LA CHANCADORA DE LA QUIJADA

Está formada por dos planchas, una móvil y otra fija, y al vibrar la plancha móvil esta atrapa a las moléculas contra la plancha fija. Los trabajos empleados mediante este desplazamiento quebranta a las moléculas. Los materiales bajan a través de la cámara donde son nuevamente quebrantados hasta caer por la ranura de descarga, estas maquinarias se utilizan preferentemente en las fases primarias de disminución de tamaño. Adquieren un ángulo de trituración de aproximada 27° entre las mandíbulas fijas y móviles.

Ingreso de alimentación " GAPE"

Armazón

Quijada fija y quijada móvil

Toggles

Depositar

Cuña reguladora

Block de ajuste

Árbol excéntrico

Salida de producto "SET"

ANEXO 8



BALANZA ANALITICA DE PRECISION DE 3200 G

Modelo EJ-3202A

Máxima capacidad 3200g X 0.01g

Características:

- La gran pantalla LCD con retroiluminación;
- Unidades de peso g, ct, oz, dwt, ozt, tola, lb, gn, kg, t, gms, alquitrán, conversión tnr;
- Función de tara y auto calibración
- Pesaje, recuento y porcentaje de funciones de pesaje;
- Batería recargable 6V / 1.3AH
- La señal de batería baja parpadeará cuando la batería esté baja.
- Temperatura de funcionamiento 0 +40 c
- Humedad de funcionamiento = 80%

Anexo 9

U.S.A. STANDARD SIEVES ASTM SPECIFICATION E-11

Nominal Dimensions, Permissible Variations for Wirecloth of Standard Test Sieves (U.S.A.)

Standard Series

Sieve Designation		Nominal Sieve	Permissible	Opening	Maximum	Nominal Wire
		Opening, in.	Variation of	Dimension or	Individual	Diameter (mm)
Standard (b)	Alternative	(see c below)	Average Opening	Not More Than	Opening	see a below
			from the Standard	5% of the		
			Sieve Designation	Openings		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
125 mm	5"	5	±3.70 mm	130.0 mm	130.9 mm	8.00
106 mm	4.24"	4.24	±3.20 mm	110.2 mm	111.1 mm	6.30
100 mm (d)	4"	4	±3.00 mm	104.0 mm	104.8 mm	6.30
90 mm	3 1/2"	3.5	±2.70 mm	93.6 mm	94.4 mm	6.30
75 mm	3"	3	±2.20 mm	78.1 mm	78.7 mm	6.30
63 mm	2 1/2"	2.5	±1.90 mm	65.6 mm	66.2 mm	5.60
53 mm	2.12"	2.12	±1.60 mm	55.2 mm	55.7 mm	5.00
50 mm (d)	2"	2	±1.50 mm	52.1 mm	52.6 mm	5.00
45 mm	1 3/4"	1.75	±1.40 mm	46.9 mm	47.4 mm	4.50
37.5 mm	1 1/2"	1.5	±1.10 mm	39.1 mm	39.5 mm	4.50
31.5 mm	1 1/4"	1.25	±1.00 mm	32.9 mm	33.2 mm	4.00
26.5 mm	1.06"	1.06	±.800 mm	27.7 mm	28.0 mm	3.55
25.0 mm	1.00"	1	±.800 mm	26.1 mm	26.4 mm	3.55
22.4 mm	7/8"	0.875	±.700 mm	23.4 mm	23.7 mm	3.55
19.0 mm	3/4"	0.750	±.600 mm	19.9 mm	20.1 mm	3.15
16.0 mm	5/8"	0.625	±.500 mm	16.7 mm	17.0 mm	3.15
13.2 mm	.530"	0.530	±.410 mm	13.83 mm	14.05 mm	2.80
12.5 mm (d)	1/2"	0.500	±.390 mm	13.10 mm	13.31 mm	2.50
11.2 mm	7/16"	0.438	±.350 mm	11.75 mm	11.94 mm	2.50
9.5 mm	3/8"	0.375	±.300 mm	9.97 mm	10.16 mm	2.24
8.0 mm	5/16"	0.312	±.250 mm	8.41 mm	8.58 mm	2.00
6.7 mm	.265"	0.265	±.210 mm	7.05 mm	7.20 mm	1.80
6.3 mm (d)	1/4"	0.250	±.200 mm	6.64 mm	6.78 mm	1.80
5.6 mm	NO. 3 1/2(e)	0.223	±.180 mm	5.90 mm	6.04 mm	1.60
4.75 mm	NO. 4	0.187	±.150 mm	5.02 mm	5.14 mm	1.60
4.0 mm	NO. 5	0.157	±.130 mm	4.23 mm	4.35 mm	1.40
3.35 mm	NO. 6	0.132	±.110 mm	3.55 mm	3.66 mm	1.25
2.8 mm	NO. 7	0.110	±.095 mm	2.975 mm	3.070 mm	1.12
2.36 mm	NO. 8	0.0937	±.080 mm	2.515 mm	2.600 mm	1.00
2.0 mm	NO. 10	0.0787	±.070 mm	2.135 mm	2.215 mm	.900
1.7 mm	NO. 12	0.0661	±.060 mm	1.820 mm	1.890 mm	.800

1.4 mm	NO. 14	0.0555	±.050 mm	1.505 mm	1.565 mm	.710
1.18 mm	NO. 16	0.0469	±.045 mm	1.270 mm	1.330 mm	.630
1.0 mm	NO. 18	0.0394	±.040 mm	1.080 mm	1.135 mm	.560
850 µm (f)	NO. 20	0.0331	±35 µm	925 µm	970 µm	.500
710 µm	NO. 25	0.0278	±30 µm	775 µm	815 µm	.450
600 µm	NO. 30	0.0234	±25 µm	660 µm	695 µm	.400
500 µm	NO. 35	0.0197	±20 µm	550 µm	585 µm	.315
425 µm	NO. 40	0.0165	±19 µm	471 µm	502 µm	.280
355 µm	NO. 45	0.0139	±16 µm	396 µm	425 µm	.224
300 µm	NO. 50	0.0117	±14 µm	337 µm	363 µm	.200
250 µm	NO. 60	0.0098	±12 µm	283 µm	306 µm	.160
212 µm	NO. 70	0.0083	±10 µm	242 µm	263 µm	.140
180 µm	NO. 80	0.0070	±9 µm	207 µm	227 µm	.125
150 µm	NO. 100	0.0059	±8 µm	174 µm	192 µm	.100
125 µm	NO. 120	0.0049	±7 µm	147 µm	163 µm	.090
106 µm	NO. 140	0.0041	±6 µm	126 µm	141 µm	.071
90 µm	NO. 170	0.0035	±5 µm	108 µm	122 µm	.063
75 µm	NO. 200	0.0029	±5 µm	91 µm	103 µm	.050
63 µm	NO. 230	0.0025	±4 µm	77 µm	89 µm	.045
53 µm	NO. 270	0.0021	±4 µm	66 µm	76 µm	.036
45 µm	NO. 325	0.0017	±3 µm	57 µm	66 µm	.032
38 µm	NO. 400	0.0015	±3 µm	48 µm	57 µm	.030
32 µm	NO. 450	0.0012	±3 µm	42 µm	50 µm	.028
25 µm (d)	NO. 500	0.0010	±3 µm	34 µm	41 µm	.025
20 µm (d)	NO. 635	0.0008	±3 µm	29 µm	35 µm	.020

a) The average diameter of the wires in the x and y direction, taken separately, of any wire cloth shall not deviate from the nominal values by more than ±15%.

b) These standard designations correspond to the values for test sieve openings recommended by the International Organization for Standardization (ISO) Geneva, Switzerland, except where noted.

c) Only approximately equivalent to the metric values in column 1.

d) These sieves are not in the standard series but they have been included because they are in common usage.

e) These numbers (3 1/2 to 635) are the approximate number of openings per linear inch, but it is preferred that the sieve be identified by the standard designation in millimeters or micrometers.

f) 1,000 µm=1 mm

Anexo 10



1.- CARACTERÍSTICAS

Este carbón activado granular es diseñado específicamente para la recuperación de cianuros de oro y plata en circuitos de recuperación de este metal. Se fabrica a partir de concha de coco, materia prima con la que se obtiene la máxima dureza disponible en el mercado. Esto es fundamental ya que se minimiza la erosión del carbón, evitando así, pérdidas valiosas del producto adsorbido. Tiene una gran área superficial compuesta por microporos cuyo tamaño es el apropiado para retener los complejos metálicos mencionados.

2.- PROPIEDADES

Parámetros	Especificaciones	Método de Prueba
Base	Carbón de Cáscara de Coco	
Apariencia	Granulo Negro e Irregular	
Tamaño de Partícula *Tamaño Máximo (+3.5mm) *Tamaño Mínimo (-1.7mm)	Malla 6x12 3% (Máx.) 1% (Máx.)	ASTM D2862
Valor de Yodo	1150 mg/gm (Mín.)	ASTM D4607
CTC	60% (Mín.)	ASTM D3467
Densidad Aparente	0.490 - 510 gm/cc	ASTM D2854
Dureza	98% (Mín.)	ASTM D3802
Humedad	5% (Máx.)	ASTM D2867
Ceniza	3% (Máx.)	ASTM D2866
pH	9-11	ASTM D3838
Plaquetas	7% (Máx.)	
Tamaño medio de Partícula	2.5 mm (Mín.)	

3.- ESPECIFICACIONES

Empaque

El producto es empacado en súper sacos de 500 kg neto de contenido.

Condiciones de Manejo y almacenamiento

Debe evitarse el contacto del producto con oxidantes fuertes, como ozono, oxígeno líquido, y permanganato de potasio. Almacénese en lugar seco y libre de solventes

Biodegradable

El carbón activado de origen vegetal es un producto orgánico y totalmente biodegradable; el producto también puede ser reutilizado después de un proceso de reactivación térmica con vapor.

Precauciones

El Carbón Activado no es un producto peligroso; sin embargo, cuando se encuentra pulverizado debe utilizarse protección respiratoria y gafas de seguridad.

4.- APLICACIONES

Recuperación de metales preciosos, incluyendo extracción en pilas (Heap Leach), carbón en pulpa (CIP) y carbón en lixiviación (CIL).

Cerro El Plomo 5630, Piso 9 – Of.949 Las Condes – Santiago de Chile | Tlf. (56-2) 26664354 | ventas@cps-chile.com